



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CAMPUS DE POMBAL-PB**

MARIANA LIMA FIGUEREDO

**IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA MUDANÇA DO USO SOLO NA
MICRORREGIÃO DE IRECÊ-BA**

POMBAL-PB

2018

MARIANA LIMA FIGUEREDO

**IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA MUDANÇA DO USO SOLO NA
MICRORREGIÃO DE IRECÊ-BA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Virgínia de Fatima Bezerra Nogueira

POMBAL-PB

2018

C672a

Figueredo, Mariana Lima.

Impactos ambientais provocados pela mudança do uso solo na microrregião de Irecê-BA / Mariana Lima Figueredo. - Pombal-PB, 2018.
58 f. : il. color.

Monografia (Bacharelado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2018.

"Orientação: Profa. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira".
Referências.

1. Produção de Feijão. 2. Pettit. 3. Sensoriamento Remoto. I. Nogueira, Virgínia de Fátima Bezerra. II. Título.

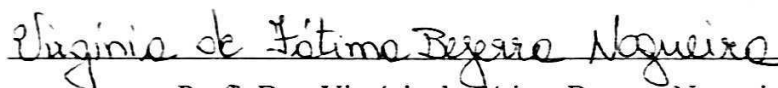
CDU 635.652(043)

MARIANA LIMA FIGUEREDO

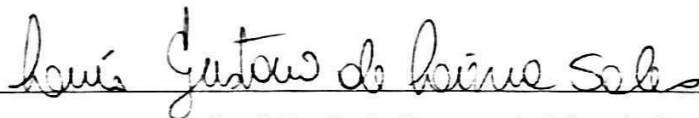
IMPACTOS AMBIENTAIS PROVOCADOS PELA MUDANÇA DO USO SOLO
NA MICRORREGIÃO DE IRECÊ-BA

Aprovado em 27/07/2018

BANCA EXAMINADORA



Prof.^a. Dra. Virgínia de Fátima Bezerra Nogueira
Orientadora – UFCG/*Campus* de Pombal – PB



Prof. Dr. Luís Gustavo de Lima Sales
Examinador Interno – UFCG/*Campus* de Pombal - PB

MSc. Alesca Barbosa Rodrigues
Examinadora Externa – E.M.E.F. “Nossa Senhora do Rosário”.

Pombal – PB

Julho 2018

*Dedico aos meus pais, Manoel Sales e
Maria de Sousa, que sempre me
apoiaram e deram todo suporte
necessário para que eu pudesse chegar
até aqui, eu amo vocês!*

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pela minha vida, e a vida daqueles que rodeiam, e por ter colocado nesta trajetória pessoas e oportunidades maravilhosas e nunca ter deixado de me dar forças para lutar pelos meus objetivos.

Aos meus pais, que não mediram esforços para que eu chegasse até esta etapa de minha vida, e me presentearam com o melhor dos presentes: a oportunidade do conhecimento. A minha mãe, Maria, pelo incentivo nas horas difíceis, de desânimo e cansaço. Ao meu pai, Manoel Sales, que apesar de todas as dificuldades sempre me fortaleceu e batalhou por anos para proporcionar a melhor educação para os seus filhos.

Ao meu irmão, Felipe, por todo apoio e incentivo durante essa caminhada, além da confiança em mim depositada para ser tia e madrinha do pequeno Antonio Davi, que nos momentos mais difíceis me arrancava os mais belos sorrisos, e com sua ingenuidade, mesmo sem entender sempre me deu forças para continuar lutando pelos meus objetivos.

A Priscila e a minha fofinha, Sofia, que desde do início sempre estiveram ao meu lado e nunca deixaram de me transmitir forças. Enfim, a todos os familiares, primas, primos, tios e tias, que acreditaram em mim e nunca duvidaram da minha capacidade.

Agradeço a meu namorado, Igor Bruno, por todo o seu amor e companheirismo, sempre esteve ao meu lado e foi um grande parceiro nessa jornada, muito obrigada baby, pela paciência, carinho e atenção, sem você teria sido tudo mais difícil!

Agradeço a todos os mestres do curso de Engenharia Ambiental que compartilharam seus conhecimentos em sala de aula e acompanharam a minha jornada. Em especial, a professora e orientadora, Virgínia de Fátima, que me acolheu de abraços abertos, um obrigada por todas as oportunidades que me proporcionou durante a graduação, pelos conselhos, atenção e paciência para a realização deste e outros trabalhos, ao professor e orientador da iniciação científica, Luís Gustavo, pelas oportunidades, orientação, ensinamentos, além da confiança e atenção que em mim sempre depositada.

A todos os profissionais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande pelo convívio e ajuda durante esses 5 anos. Principalmente, a Andréa Karla, técnica do laboratório de geoprocessamento, pela

amizade, ajuda e boa vontade comigo, onde muitas vezes, mesmo muito atarefada, não negou informações, conhecimento ou atenção.

Aos amigos conquistados durante esta jornada, que no decorrer de todos esses anos se fizeram minha família e nunca estiveram ausente, agradeço pela amizade, carinho e ao compartilhamento de todo conhecimento, essencialmente a Fagna, que não tenho nem palavras pra agradecer por toda ajuda e companheirismo durante o curso, a Alice por nunca ter me deixado sozinha e ser minha parceira de todos os tombos, a Renata pelo aperreio diário, enfim, agradeço também a Ianka, Ana Cecília, Marcelino, Felipe, Célia, Danielle, Viviane, a todos os amigos que se fizeram presente, e foram capazes de compartilhar não só o conhecimento, mas as alegrias, tristezas, angustias e saudades, levarei a todos no meu coração!!!

E por fim, ao povo pombalense e paraibano pelo acolhimento.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Obtenção de imagens por sensoriamento remoto	24
Figura 2 - Curva espectral da vegetação, da água e do solo	25
Figura 3 - Mapa de Localização da área de estudo	32
Figura 4 - Mapa de altimetria (A) e declividade (B) e da Microrregião de Irecê-BA...	43
Figura 5 - Mapa de NDVI da microrregião de Irecê-BA no ano de 1988	44
Figura 6 - Mapas de NDVI da microrregião de Irecê-BA (A) junho de 1996, (B) setembro de 2001, (C) junho de 2010 e (D) outubro de 2017	46
Figura 7 - Mapa de limitação agrícola para a microrregião de Irecê-Ba	47
Figura 8 - Mapa de susceptibilidade à desertificação na microrregião de Irecê-BA ..	48
Figura 9 - Mapas de Composição Natural da microrregião de Irecê-BA (A) junho de 1996, (B) setembro de 2001, (C) junho de 2010 e (D) outubro de 2017	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos municípios pertencentes à microrregião de Irecê	32
Tabela 2 - Intervalos de NDVI correspondente a suas respectivas classes e alvos de superfície.....	36
Tabela 2 - Intervalos de NDVI correspondente a suas respectivas classes e alvos de superfície.....	37
Tabela 3 - Classes de declividade.....	37
Tabela 4 - Classificação quanto ao nível de susceptibilidade à desertificação com auxílio da condição climática.....	38
Tabela 5 - Parâmetros estatísticos a partir da série de precipitação pluviométrica...	40

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Média mensal climatológica.....	39
Gráfico 2 - Desvio da precipitação média anual na cidade de Irecê-BA.....	41
Gráfico 3 - Análise de regressão da série climática de precipitação para o município de Irecê-BA	41
Gráfico 4 - Estatística $K(t)$ do teste de Pettit.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA - Agência Nacional de Águas

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

EN – El Niño

ENOS - El-Niño Oscilação Sul

ETM + - Enhanced Thematic Mapper Plus

GDAL - Geospatial Data Abstraction Library

GPS - Sistemas de Posicionamento Global

IA – Índice de Aridez

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INEMA - Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia

INSA - Instituto Nacional do Semiárido

LA – La Niña

LANDSAT - Land Remote Sensing Satellite

MSS - Multispectral Scanner

NASA - National Aeronautics and Space Administration

NDVI - Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

NEB – Nordeste Brasileiro

OLI - Operational Land Imager

PACD - Plano de ação de Combate à Desertificação

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

PROAGRO - Programa de Garantia da Atividade Agropecuária

REM - Radiação Eletromagnética

SCP - Semi-Automatic Classification Plugin

TIRS - Sensor Infravermelho Térmico

SIG - Sistema de Informação Geográfica

SIRGAS - Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas

SRTM - Shuttle Radar Topography Mission

SUDENE - Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste

TM - Thematic Mapper

TSM – Temperatura da Superfície do mar

USGS – United States Geological Survey

FIGUEREDO, Mariana Lima. **Impactos ambientais provocados pela mudança do uso solo na microrregião de Irecê-Ba**. 2018. 58 fls. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal-PB. 2018.

RESUMO

Cultivada em toda a microrregião de Irecê-Ba, a produção de feijão no período dos anos de 1960 a 1990, era a principal fonte do desenvolvimento econômico da região. Com a crescente expansão do cultivo e a demanda por áreas agricultáveis o desmatamento tornou-se uma atividade frequente, conseqüentemente, fazendo com que a microrregião parasse de exportar o feijão de sequeiro, e passasse a produzir outras culturas por meio de irrigação. Sendo assim, o presente estudo tem como objetivo identificar os impactos no clima local da microrregião de Irecê causados pela mudança do uso do solo, utilizando do uso de estatística não-paramétrica e do sensoriamento remoto. A metodologia envolveu aplicação da análise de regressão e o teste estatístico não-paramétrico de Pettit para a série histórica (1944 a 2017) do município de Irecê, também foi utilizado o uso do sensoriamento remoto, para determinar um possível aumento na área desmatada, através do cálculo do NDVI e além de estabelecer o nível de susceptibilidade à desertificação da área de estudo, por meio da condição climática. Onde foi possível observar uma grande variabilidade temporal na vegetação e precipitação, além de uma tendência na redução na quantidade de chuvas precipitadas e uma ruptura na série climatológica de precipitação, embora ambos não significativas estatisticamente. Podendo concluir que a produção da monocultura do feijão até a década de 90 e o manejo inadequado do solo resultaram numa tendência à desertificação.

Palavras-chave: Produção de feijão, Pettit, Sensoriamento remoto

FIGUEREDO, Mariana Lima. **Environmental impacts caused by land use change in the Irecê-Ba microregion**. 2018. 58 pgs. Work of Course Conclusion (Graduation in Environmental Engineering) - Federal University of Campina Grande, Pombal-PB. 2018.

ABSTRACT

Cultivated throughout the Irecê-Ba microregion, bean production in the period from 1960 to 1990 was the main source of economic development. With the growing expansion of cultivation and the demand for arable land, deforestation became a frequent activity, consequently, over time, it was believed that there was an instability in the rain regime of the region, causing the municipality to stop exporting the dryland beans, and to produce other crops through irrigation. Thus, the present study aims to identify the impacts on the local climate of the Irecê microregion caused by land use change, using non-parametric statistics and remote sensing. The methodology involved the application of regression analysis and non-parametric statistical test of Pettit for the historical series (1944 to 2017) of the municipality of Irecê, also the use of remote sensing was used to determine a possible increase in the deforested area through and to establish the level of susceptibility to desertification of the study area, through the climatic condition. Where it was possible to observe a great temporal variability in the vegetation and precipitation, besides a tendency in the reduction in the quantity of precipitated rains and a non statistically significant rupture in the climatological series of precipitation. It can be concluded that the monoculture production of the bean until the 90s and the inadequate management of the soil resulted in a change in the water regime, including a trend towards desertification.

Keywords: Bean Production, Pettit, Remote Sensing

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	16
2.1 Produção de Feijão.....	16
2.2 Clima.....	17
2.3 El Niño/La Niña.....	19
2.4 Variabilidade Climática	20
2.5 Déficit hídrico no Nordeste (seca).....	21
2.6 Teste Estatístico	22
2.7 Geoprocessamento.....	23
2.7.1 Sensoriamento Remoto	24
2.7.2 Landsat	26
2.7.3 NDVI	26
2.8 Desertificação	27
2.8.1 Fator Determinante (Índice de Aridez).....	30
3. MATÉRIAS E MÉTODOS	32
3.1 Localização da área de estudo	32
3.2 Metodologia	33
3.2.1 Estatística Descritiva.....	33
3.2.2 Estatística não-paramétrica (PETTIT).....	34
3.2.3 Sensoriamento Remoto	35
3.2.4 Susceptibilidade à Desertificação	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	39
4.1 Análise da estatística descritiva das precipitações	39
4.2 Estatística não-paramétrica (Pettit).....	42
4.3 Dados Fisiográficos	43
4.3.1 NDVI	43
4.4 Susceptibilidade à desertificação.....	47
5. CONCLUSÃO	50
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

A intensidade e exploração dos recursos naturais tem causado uma série de problemas ao meio ambiente pelos novos métodos e técnicas adotados pela agricultura (BARROS, 2010). O impacto da ação humana sobre o meio ambiente cresceu muito nos últimos 40 anos, contribuindo para acelerar e intensificar os problemas ambientais, como a ocorrência de desastres naturais e outros processos de degradação ambiental induzido por atividades antrópicas.

A agricultura existe há mais de 10 mil anos, mas continua sendo a atividade humana que está mais relacionada com o homem e a natureza, e uma das atividades antrópicas que mais degradam o ambiente na atualidade. Impactos envolvendo a agricultura, de certa forma, colocam em discussão situações que envolvem a própria sobrevivência do homem. Dentre alguns destes impactos, podem-se citar o desmatamento, a contaminação de águas superficiais e subsuperficiais e a desertificação.

Como a agricultura contribui para degradação do meio, relaciona-se como processo de desertificação o uso inadequado de recursos naturais como solo, água e vegetação, que são vistos como componentes que possam aumentar os fatores que agrave neste processo, que por sua vez são intensificados pelas variações climáticas (BRASIL, 2004). Solos rasos com pouca cobertura devido a vegetação esparsa, são características peculiares de áreas semiáridas, que são mais susceptíveis ao processo de desertificação, já que pode causar incapacidade de o solo reter água, diminuição da disponibilidade hídrica, devido ao assoreamento de rios e reservatórios, além de instabilidade climática (OYAMA; NOBRE, 2004).

A mudança climática é motivo de preocupação por partes de autoridades científicas de todo o mundo, porém a estatística como enfoque meteorológico, é capaz de definir e prever o clima, além de determinar suas características, perturbações e alterações climáticas de uma área. Para elaborar medidas de mitigação dos impactos causados pela presença de tendências nas séries de precipitação, que podem afetar os campos econômicos e social de uma sociedade, é necessário realizar estudos direcionados a detectar o comportamento de variáveis climáticas (LIMEIRA, 2008).

A área semiárida do nordeste brasileiro é vulnerável às variações climáticas, e a constante periodicidade das secas que aflige principalmente a agricultura de subsistência e o plantio de sistema de sequeiro. Dado que a produtividade de cultura

em sistema de sequeiro é dependente das interações entre suas fases fenológicas e as variações interanuais do tempo e clima, e toda a cultura plantada nesse sistema depende, da quantidade, distribuição e da intensidade das chuvas (SILVA, et al 2002).

Apesar de não apresentar índice pluviométrico significativo comparado as regiões do sul e sudeste do país, a microrregião de Irecê, se destacou pela produção de feijão de sequeiro e pelo seu solo rico em nutrientes, de origem calcária com facilidade de plantio, no qual, ocasionou um aumento no fluxo migratório para a região, especialmente, de outras partes do Nordeste (CAVALCANTE, 2010; SOBRINHO, 2007). A região de Irecê, é pertencente à bacia do rio São Francisco e tem todo o seu território incluído no polígono das secas. Sua economia é baseada na produção agrícola, e atualmente vem se destacando com a irrigação de cebola, tomate, beterraba e pinha.

Porém, durante a década de 1970 o governo do Estado anunciou a região como Polo do Feijão, em decorrência da intensa exploração agrícola para produção de feijão de sequeiro, iniciada nos anos 60 (CAVALCANTE, 2010; SOBRINHO, 2007).

Com a expansão da produção do cultivo, e a crescente demanda por áreas agricultáveis, o desmatamento tornou-se atividade frequente na região. Devido a ocorrência de secas e variação no regime de chuva na área estudada, comprometendo a exportação de feijão, iniciou-se a produção de outras culturas por meio de irrigação.

Sendo assim, o presente estudo tem com o objetivo identificar os impactos no clima local da microrregião de Irecê causados pela mudança do uso do solo, de uma monocultura de feijão de sequeiro para outras culturas irrigadas, e consequente tendência a desertificação utilizando do uso de estatística não-paramétrica e do sensoriamento remoto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Produção de Feijão

O feijão (*Phaseolus vulgaris L.*) pertencente à família das leguminosas, dito um alimento tipicamente brasileiro, e presente na dieta da população, é uma iguaria básica importante para diversos países no mundo, sendo uma fonte primordial de energia e proteína para o homem (ALMEIDA; WANDER, 2011).

A produção desta cultura ocupa destaque na agricultura brasileira desde os tempos antigos, tanto em termos de área plantada como produção, apresentando assim uma notória importância socioeconômica e cultural para o país, por ser o maior consumidor e um dos maiores produtores do mundo (LOLLATO, SEPULCRI, DERMACHU, 2001; YAKOYAMA, 2002).

Cultivado em todo o território brasileiro, em diversas épocas do ano e diferentes sistemas de produção, o cultivo do feijão comum, vai desde sistema consorciados e em sequeiro, por pequenos produtores, até culturas exclusiva em área irrigadas e por grandes produtores (FEIJÃO..., 2018; SILVEIRA, 20--).

Desde o processo de colonização, o feijão foi cultivado em todas as regiões do país, sendo que até os dias de hoje os grandes produtores não mudaram nos últimos anos, destacando-se os agricultores dos Estados do Paraná, Minas Gerais e Bahia. Porém nas últimas três décadas o consumo por habitante foi reduzido, pra cerca da metade em razão das alterações nos hábitos alimentares e a queda de renda da população (ALMEIDA, WANDER, 2011; LOLLATO, SEPULCRI, DERMACHU, 2001).

A grande maioria das cidades da microrregião de Irecê tem como principal fonte de renda a agricultura, tendo prevalecido por muitas décadas a monocultura do feijão. A produção de feijão era distribuída em toda a microrregião, onde o município de Irecê se sobressaía dos demais pela produção elevada, caracterizando a cidade como polo da microrregião, em que as demais cidades dependiam da mesma para exportar sua produção.

Entre as décadas de 60 e 80 houve uma elevada produção de feijão na microrregião, tanto que o município de Irecê ficou conhecida nacionalmente como capital do feijão. Com expansão agrícola na região, foi iniciado um processo de uso e ocupação do solo que resultou numa destruição da caatinga e matas virgens para a introdução da monocultura do feijão, que até o processo de implantação da extensa

produção de feijão, não existia intensificação do uso do solo (BARBOSA, 2000; SOBRINHO, 2007; VIEIRA, 2011).

Conseqüentemente, no mesmo período, ocorreu a maior facilidade de crédito agrícola, que tinha objetivo de viabilizar a mecanização da cultura e a compra de insumos para as lavouras, além de garantir o seguro do PROAGRO que cobria os riscos da produção (BARBOSA, 2000).

Porém no fim da década de 1980 e início dos anos de 1990, a produção de feijão passou por um declínio, acarretando uma crise na região que se estende até os dias atuais, devido à redução da área cultivada, a queda no preço do feijão, e, portanto, redução de produção. Os solos que antes eram ricos em nutrientes, com o manejo inadequado e o passar do tempo vivenciaram dificuldade para produzir como antes, visto que com a intensificação do uso do solo, o mesmo ficou empobrecido e fraco (SOBRINHO, 2007).

Sobrinho (2007) relata ainda que inadimplência foi outro fator responsável pelo declínio da produção, dado que, muitos investimentos foram ofertados através do crédito agrícola, e com atenuação das lavouras provocados pelo enfraquecimento do solo, os agricultores acabaram ficando inadimplentes com os bancos financiadores. Entretanto, a irregularidade das chuvas foi um dos maiores aspectos causadores da baixa da produção, já que, assim como solos férteis e ricos em nutrientes era uma das principais características do início da produção, a mecanização das culturas de sequeiro era fundamental para as lavouras.

2.2 Clima

O estudo do clima, proporciona organizar os setores econômicos e sociais de uma região, que tenham um vínculo direto com a dinâmica climática. É indiscutível o reconhecimento da importância do manejo dos recursos naturais para a sobrevivência do homem no planeta, visto que, o clima é um recurso fundamental para a vida e atividades humanas essenciais. Ao longo de sua história evolutiva, o clima passou por contínuas variações naturais, gerando e transformando novas organizações de ecossistemas (PINTO et al, 20--; ROSSATO, 2011).

Segundo Ayoade (2002) é notório, que os fenômenos climáticos extremos (geada, enchentes, granizos, ventos fortes, ondas de calor, períodos de seca) ou quaisquer anomalias climáticas venha prejudicar a produção agrícola e todas as

atividades socioeconômicas dependentes da mesma. Uma vez que agricultura é dependente das variações atmosféricas, como a quantidade de chuvas, a temperatura e outros elementos, que exercem influência em todos os estágios da produção da lavoura, desde a preparação do solo, até o armazenamento, transporte e comercialização, sendo, no entanto, o clima a sua principal variável (PENA, 2016).

De acordo com Rossato (2011, p. 1) “*O clima e as atividades antrópicas têm uma relação de retroalimentação, isto é, o clima influencia as atividades humanas e vice-versa*”. Ao longo de muito tempo, o clima tinha maior controle sobre o homem e as atividades humanas, porém com o desenvolvimento científico-tecnológico e o crescimento populacional, a ação antrópica passou a influenciar o clima, especificamente, em escala local.

O clima é um elemento extremamente dinâmico e de grande complexidade, que quando modificado por fatores, que atuam sobre este, tais como atividades antrópicas, o próprio desenvolvimento e dinamicidade do planeta, causam impactos sobre o meio ambiente (KÜNST, 2018). Desmatamentos, queimadas, emissão de gases e poluentes, são impactos oriundos de ações antrópicas que influenciam o clima local, podendo reduzir a umidade nas áreas atingidas e afetar o fluxo das chuvas no território (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2016).

Ao estudar o histórico de ocorrência de eventos climáticos, no Brasil, é possível observar que nos últimos 30 anos ocorreu um aumento frequente de chuvas fortes no Sul e Sudeste, provocando enchentes, enquanto, neste mesmo período, no Norte e Nordeste do país houve as grandes secas históricas experimentada. Consta-se também que em um outro momento, ocorreu no Sudeste uma das maiores secas dos últimos 80 anos, afetando a segurança hídrica e energética de São Paulo e Rio de Janeiro. Esses eventos podem estar associados à variabilidade natural do clima, podendo, num futuro próximo, ser mais intensos e frequentes (MARENGO, 2014).

As chuvas no Nordeste brasileiro são resultantes da junção de múltiplos sistemas atmosféricos e variadas escalas, de acordo com Silva e outros (2009, p.66) podem ser modificados “*pelas características fisiográficas da região e por anomalias atmosféricas de escala planetária*”.

Um outro fator que interfere no regime hídrico de uma região, é sua característica fisiográfica. A vegetação é um exemplo, pois é de fundamental importância para o clima, podendo influenciar tanto no albedo quanto nas umidades e

nas variações de temperatura. Ou seja, as alterações climáticas de um local e outras partes do planeta, tem interferência direta da alteração da cobertura vegetal de uma dada região. Uma maior cobertura vegetal, influencia na quantidade de umidade presente na atmosfera, conseqüentemente, um aumento na umidade do ar em decorrência da vegetação, causa uma maior incidência de chuvas, devido a umidade condensar-se (PENA, 2018a).

2.3 El Niño/La Niña

O Nordeste brasileiro é conhecido por destacar em seu histórico alguns anos de secas severas e episódios de precipitações excessivas, em que tem sido relacionado aos padrões de anomalias de grande escala da circulação atmosférica global, pertinentes aos fenômenos El-Niño Oscilação Sul (ENOS) (SILVA, et al 2009). De acordo com Magatão et al (2008), esses fenômenos denominados ENOS, são naturais, existem há vários anos e continuaram a existir como fenômenos cíclicos.

Os fenômenos ENOS, são determinados por meio de índices de oscilação da pressão atmosférica e a temperatura da superfície do mar (TSM) na região do Pacífico Equatorial, em que modificam a frequência, distribuição espacial e intensidade das precipitações pluviométricas. Além de ser caracterizado em duas fases: fase fria, La Niña (LN) e a quente El Niño (EN) (FERREIRA et al, 2016; SILVA, et al 2009).

A fase quente, denominada de EN, somente é batizada por esse nome pelo fato de a temperatura se elevar nas águas do Pacífico Equatorial, e as correntes de água que circula na área, atingir temperatura acima da média térmica, que é 23°C. O aparecimento de corrente de águas quentes se dava, com uma maior frequência, em um período próximo ao Natal, a denominação do EN é referente ao Menino Jesus. O fenômeno forma algumas massas de ar quente e úmidas, que por sua vez produzem chuvas na região de entorno e diminuição do regime precipitação pluviométrica em outras localidades, a exemplo no Brasil, que contribui com o aumento de chuvas nas regiões Sul, enquanto no Norte e Nordeste ocorre seca (CABRAL JUNIOR; ALMEIDA, 2012; FERREIRA et al, 2016; PENA, 2018b).

O fenômeno LN, a fase fria dos ENOS, é o inverso da fase quente (EN), caracterizada pelo esfriamento anormal das águas do Oceano Pacífico, causando diminuição das chuvas no Sul e intensificação das chuvas no Amazonas, no Nordeste (FERREIRA et al, 2016; PENA, 2018b).

Conforme Pena (2018b), esses eventos climáticos anômalos, se repetem durante um determinado tempo, de forma cíclicos, com diferentes intensidades. Porém, o EN, vem sendo mais frequente que a LN em razão dos eventos climáticos globais e das oscilações do Pacífico.

2.4 Variabilidade Climática

Uma das características do semiárido nordestino em relação a precipitação pluviométrica, é a sua elevada variabilidade espacial e temporal, onde a maioria das regiões sofrem com as variações nas precipitações totais mensais e anuais, assim como sua alternância irregular espacial, em que determinada área conta com meses de abundantes chuvas e outras há ocorrência de um número maior de meses secos. Estes fatores estão relacionados aos padrões de larga escala, como, a circulação geral da atmosfera, a relação presente entre os oceanos e atmosfera e os atributos relacionados à topografia e aos fatores geográficos (ALMEIDA; SOUZA NETO; SILVA, 2005).

De acordo com Costa, Becker e Brito (2013), referenciando Morettin et al (1981) relataram que o estudo de séries temporais é a comparação de determinada variável em diferentes períodos e ao longo de determinado intervalo. Este estudo se apresenta como um instrumento crucial em diversas áreas de pesquisa. Se tratando de variáveis climáticas, o seu emprego, permite reconhecer tendências e oscilações climáticas ao longo do tempo, assim como, o motivo e efeitos dessas prováveis irregularidades

Por sua vez, a variação espacial de uma área, leva em conta a ocorrência da variável climática em determinada região e a diferença da mesma em outro ponto, tal que esta não é só representada pelas variações dinâmicas da circulação atmosférica, pode ser também influenciada principalmente pela localização geográfica, altitude, temperatura, distância de fontes de umidade, direção, intensidade dos ventos e relevo (SANTOS; GRIEBELER; OLIVEIRA, 2011).

O estudo de séries temporais e variações espaciais de precipitação são fundamentais para o entendimento de sua distribuição e controle dos recursos hídricos, essencialmente em regiões de secas frequentes, pois a partir do conhecimento do estudo, é possível planejar e gerenciar os recursos, proporcionando ações que minimizem e até evitem problemática de escassez de água (ANJOS, et al 2017).

A precipitação é um dos princípios climáticos diretamente relacionado a produção agrícola, interferindo principalmente nas mudanças de rendimento das culturas (LIMA, 2007). Uma das causas limitantes para o desenvolvimento e a estabilização da agricultura em diversas partes do Nordeste, é a irregularidade na distribuição sequencial de chuvas (MORAES, 2014 referenciando SAGRI, 2016).

2.5 Déficit hídrico no Nordeste (seca)

Parte do Nordeste brasileiro, se destaca por apresentar um clima semiárido, que retrata precipitações médias anuais variando entre 280 a 800 mm e temperaturas médias elevadas de 23 a 26 °C, essas características resultam em fortes deficiências hídricas sazonais (BARBOSA, 2000).

Historicamente, as secas nordestinas apresentam-se como um fenômeno natural e recorrente, caracterizadas por apresentar mudanças no tamanho e qualidade da estação chuvosa (MARENGO, 2014). Inúmeras pesquisas já foram elaboradas por meio de estudiosos da área, no sentido de resgatar a história das secas, no entanto, levando em conta um estudo efetuado pela SUDENE, em 1981, foi observado a existência dos eventos a partir do século XVI (BARBOSA (2000); PAE-PARAÍBA, 2011).

Distinto de catástrofes como enchentes e terremotos, a seca não destrói cidades e nem surge de repente, porém tem os seus efeitos sobre o meio ambiente e as populações tão destrutivos quanto eles (PAE-PARAÍBA, 2011). No Nordeste brasileiro, ela afeta os moradores, principalmente os mais vulneráveis da região semiárida, criando situação de deficiência hídrica e riscos à segurança alimentar, hídrica e energética na região (MARENGO; CUNHA; ALVES, 2016).

Os períodos de estiagens longos são significativos, visto que, dificultam a vida do agricultor, acima de tudo, dos pequenos e que fazem uso do cultivo em sequeiro. Porém, os agricultores que possuem suas culturas irrigadas, também são prejudicados, já que, o nível da água nos reservatórios diminui (VIEIRA, 2011).

Sendo assim, de acordo com a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2018), a seca é um fator limitante que influenciam na segurança alimentar e na sobrevivência de diversas pessoas em todo o planeta.

2.6 Teste Estatístico

Wanderley et al (2013), relatam que para um melhor aprimoramento das gestões públicas que resultem em conduzir ações acerca de gerenciamento dos recursos hídricos e mitigar os seus impactos sobre a agricultura e meio ambiente, é fundamental conhecer informações sobre as alterações no regime pluviométrico decorrentes das mudanças climáticas.

Nogueira (2015) defende que o conhecimento de estatística descritiva de médias climatológicas anuais e mensais de precipitação, é fundamental para estudos de impactos ambientais que se deseja analisar possíveis mudanças dos elementos meteorológicos. Afirma que são diversas as técnicas utilizadas para determinar tendências e/ou variações de precipitação e temperatura, fundamentais nas variações climáticas.

Back (2001) retrata que:

A identificação de alterações nos registros meteorológicos é de grande importância para os estudos de engenharia que utilizam as séries históricas, pois tanto as simulações como as aplicações de teorias de probabilidade são realizadas com a hipótese de que as séries históricas são homogêneas, isto é, que não apresentem tendências. Uma série é dita homogênea quando os dados vêm da mesma população, e assim não há alteração nos parâmetros (p. 718).

Hoje em dia, há uma crescente necessidade em compreender como as alterações no clima estão modificando os regimes pluviométricos de determinado território. Porém, a condição inicial para este entendimento seria estudar a homogeneidade de séries temporais e a permanência de tendências (BACK, 2001). Empregar o uso uma estatística probabilística que venha definir a ocorrências de fenômenos extremos de precipitação, também é um passo fundamental, pois através deste recurso poderá reduzir vulnerabilidade humana frente aos impactos ambientais (BLAIN; MORAES, 2011).

Usualmente, os testes estatísticos não-paramétricos de Pettit, Mann-Kendall e a regressão linear são os mais aplicados na análise de alterações climáticas. Uma vez que, do ponto de vista matemático é aconselhável, para realizar análises mais confiáveis envolvendo variáveis climáticas, empregar métodos estatísticos paramétricos e não paramétricos que possam propiciar conhecimentos fundamentais nas pesquisas de tendências climáticas e, por ventura, outras variáveis associadas (NOGUEIRA, 2015).

O teste de Pettit (Pettit, 1979) é um dos métodos mais apropriados para observar mudanças climáticas, pois, identifica de forma precisa, o local inicial de uma determinada tendência em um parâmetro climatológico (PENEIREIRO; FERREIRA, 2012 referenciando GOOSSENS; BERGER, 1986).

Wanderley et al (2013) comenta com base em outros estudos, que o teste de Pettit, se sobressai entre os outros métodos, em virtude de ser o mais sensível à distribuição heterogênea e a dados adulterados, sobretudo em pesquisas de temperatura, precipitação e vazão. O autor, relata ainda, que as mudanças abruptas presentes em séries temporais podem ser oriundas da ação antrópica, tal como, mudanças do local da medição e troca de instrumentos, como também, resultantes da alteração climática.

2.7 Geoprocessamento

A geomática, nome oficial da área de conhecimento do geoprocessamento, abrange um conjunto de técnicas e tecnologias relacionadas à informação espacial, pertinentes a coleta, tratamento e análise de dados. O conjunto de técnicas utilizadas pelo geoprocessamento são denominadas de geotecnologias, dentre essas tecnologias se destacam a topografia, o sensoriamento remoto, posicionamento por satélite, fotogrametria, geoestatística, cartografia, sistema de informação geográfica (SIG), Sistemas de Posicionamento Global (GPS), banco de dados geográficos e webmapping (MEDEIROS, 2018).

O geoprocessamento é uma área de estudo extensa, e envolve diversas tecnologias de tratamento e manipulação de dados geográficas, por meio de programas computacionais. Essas tecnologias têm sido bastante empregadas para mapear e monitorar as características biofísicas da Terra e as alterações provocadas por ações antrópicas, e estão sendo bastante utilizadas nos últimos anos para identificar áreas que necessitam de um manejo adequado, colaborando para estabelecer condições de uso sustentável, além de contribuir no estudo de áreas degradadas em diversos tipos de espaços (BORTOLUZZI, et al 2001; OLIVEIRA et al., 2012).

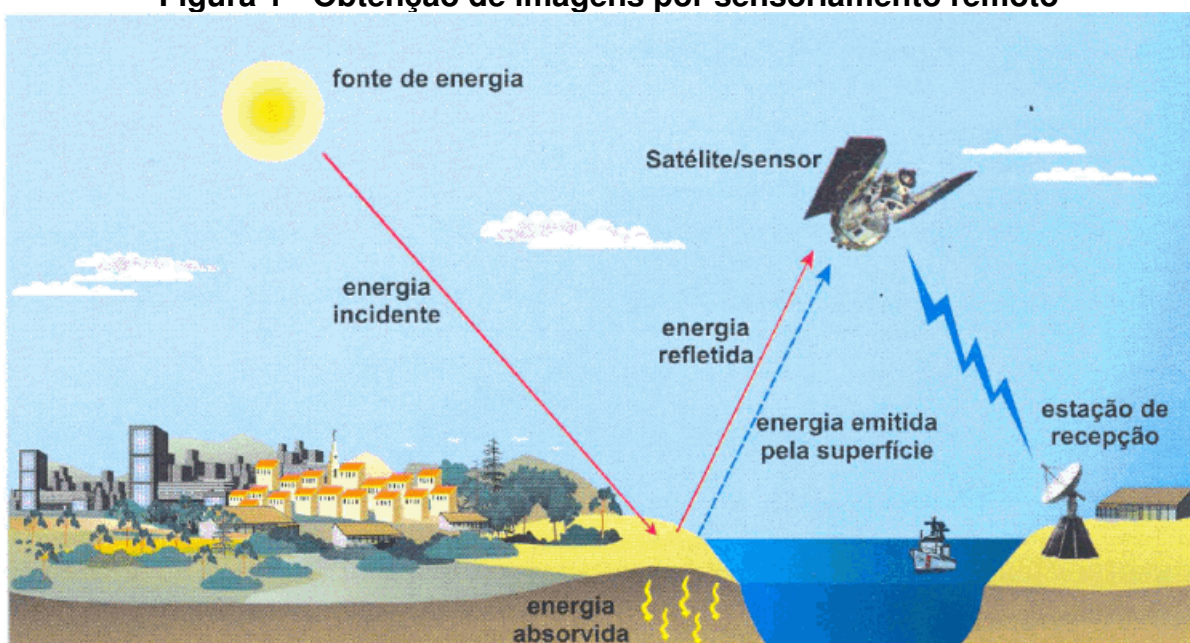
Nesse ponto de visto, a aplicação do uso do sensoriamento remoto de imagens orbitais, é uma ferramenta eficientes parar identificar mudanças no uso e cobertura do solo e transformações provocadas nas paisagens em um estipulado local e escala

temporal. Um dos componentes da superfície terrestre que vem sendo bastante estudado por meio do sensoriamento remoto é a cobertura vegetal (SANTOS, 2016).

2.7.1 Sensoriamento Remoto

Sensoriamento remoto é uma técnica que permite obter imagens e outros tipos de dados da superfície terrestre, por meio da captação e registro da energia refletida ou emitida pela superfície, através de um sensor acoplado a um meio de transporte distante do objeto, sem que ocorra contato físico qualquer do sensor e a superfície terrestre, como ilustrado na Figura 1 (FLORENZANO, 2002; MENESES; ALMEIDA, 2012).

Figura 1 - Obtenção de imagens por sensoriamento remoto



Fonte: Florenzano, 2002

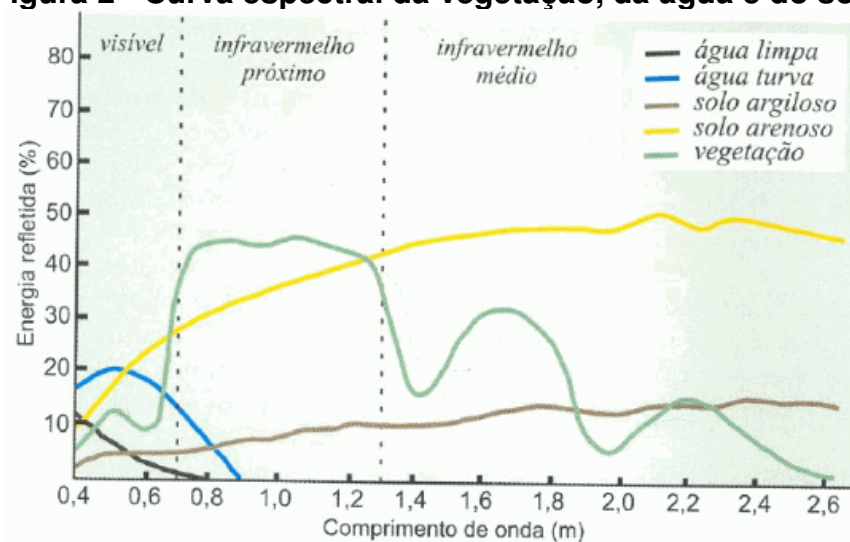
O alcance das imagens e dados ocorre por meio de sensores remotos utilizados pelo sensoriamento remoto, que registram a radiação eletromagnética (REM) dos objetos sobre a superfície terrestre. Figueiredo (2005) destaca que os dados são reproduzidos através da "... energia conduzida pela onda eletromagnética que é transformada em pulso eletrônico ou valor digital, proporcional a esta energia" (p. 11).

De acordo com Santos (2016), o uso de imagens derivadas do sensoriamento remoto para diversos tipos de mapeamentos e análises dos usos e cobertura do solo, além do estudo de cobertura vegetal, só é possível, devido os sensores captarem diferentes refletâncias dos objetos e feições da superfície e assim transformar em

imagens, onde cada objeto tem sua identidade espectral o que faz diferenciar de outros objetos.

Os objetos da superfície como a vegetação, a água e o solo refletem, absorvem e transmitem REM em proporções que variam com o comprimento de onda. As diferentes composições físico-químico dos objetos ou feições terrestres, justificam as suas distintas assinaturas espectrais, visto que a radiação solar incidente na superfície interage de modo diferenciado para cada tipo de alvo (Figura 2). Outras condições que podem também influenciar no processo de interação dos alvos são o ângulo de incidência solar, a textura e densidade dos objetos (FIGUEIREDO, 2005; FLORENZANO, 2002).

Figura 2 - Curva espectral da vegetação, da água e do solo



Fonte: Florenzano, 2002

Florenzano (2002) ressalta ainda que a presença de nuvens na atmosfera pode inibir que a energia refletida pela superfície terrestre chegue ao sensor a bordo de um satélite, quando isso acontece, o sensor registra somente a energia oriunda da própria nuvem.

Na atualidade, existe uma grande diversidade de sistema de satélites com sensores que possibilitam analisar alvos em diferentes escalas e características, apontado para estudos em áreas urbanas, agrícolas, oceanográficas, florestais, entre outras (NOVO, 2008). Nesse ponto de vista, o sensoriamento remoto tem se mostrado uma tecnologia fundamental, assegurando-se como um eficiente instrumento para o monitoramento, controle e análise dos recursos naturais em geral, dado que, tem aptidão de fazer a coleta de dados da superfície e também do desenvolvimento do território, sem desestabilizar o meio ambiente (FLORENZANO, 2002).

2.7.2 Landsat

Land Remote Sensing Satellite (LANDSAT) é um programa de satélite de sensoriamento remoto terrestre, desenvolvido pela National Aeronautics and Space Administration (NASA) no final da década 60, visando coletar dados sobre os recursos naturais renováveis e não renováveis da superfície terrestre, além de fazer o mapeamento em alta resolução da superfície (PRATES, 2014).

O programa foi gerenciado pela NASA e pela United States Geological Survey (USGS) que é uma instituição de estudos geológicos dos Estados Unidos, e participou do lançamento de oito satélites. O primeiro lançamento foi do satélite ERTS-1, no ano de 1972, e teve sequência com os landsat 2, 3, 4, 5, 7 e 8, sobre tudo o landsat 6 teve falha de lançamento e não pode ser operado (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2013).

O sistema de satélites landsat quando lançados, possuíam sensores, que era os responsáveis pela geração de imagens e dados. Dentre esses sensores podemos destacar o Multispectral Scanner (MSS), Thematic Mapper (TM), Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +), Operational Land Imager (OLI) e do Sensor Infravermelho Térmico (TIRS) como sendo os principais pela durabilidade quanto a vida útil.

2.7.3 NDVI

São inúmeras as possibilidades de aplicação dos dados de sensoriamento remoto, porém, a análise, detecção e monitoramento de cobertura vegetal vem ganhando destaque entre os estudos relacionados ao tema (BRAS; ÁGUAS; GARCIA, 2015). A aplicabilidade de Índices de Vegetação (IV) no tratamento digital de imagens de sensoriamento remoto tem proporcionado informações a respeito da presença e condições da cobertura vegetal monitorada (FONTANA; BERLATO; BERGAMASCH 1998).

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) tem sido bastante utilizado em estudos de sensoriamento remoto que tem por objetivo analisar, caracterizar e monitorar a cobertura vegetal de determinado território (RAMOS, 2016). Este índice foi proposto por Rouse em 1973, e representa a relação entre as medidas de duas bandas espectrais, a infravermelho próximo e a vermelha (PONZONI; SHIMABUKURO, 2012).

De acordo com Ponzoni e Shimabukuro (2012), o NDVI também é empregado em estudos temporais das atividades relacionadas à vegetação, que possibilita a comparação periódicas do IV, de modo que auxilia empreendedores no setor agrícola, por poder conhecer as mudanças fisiológicas da folhas e períodos de senescência.

O NDVI é um dos índices mais empregados nos estudos de IV, visto que apresenta de forma simples e rápida a identificação de áreas vegetadas, e é caracterizado por dispor de uma escala de variação linear entre -1 e 1, diretamente ligado ao tipo a densidade e umidade da superfície, determinando assim a condição e quantidade da vegetação (BRITO, et al 2015).

Prates (2014) retrata que o NDVI identifica a proporção e condição da vegetação verde, por meio da variação linear -1 e 1, onde, normalmente quando ocorre presença de alguma vegetação o valor do NDVI é positivo, para superfícies de solo exposto é nulo, já para água e nuvens apresentam valores negativo. E quanto mais densa a vegetação, mais o valor do NDVI se aproxima da variável 1, ou seja, o valor diminui pouco a pouco, à medida que a vegetação fica menos densa.

Porém, Elmore et al (2000) destaca que o NDVI também apresenta desvantagem, já que, os dados do sensoriamento remoto podem ser influenciados pelo brilho e efeito espectral do solo, situação que pode prejudicar nos resultados sobre as análises de área vegetadas.

2.8 Desertificação

De acordo com Sá, Fotius & Riché (1994) os desertos são áreas praticamente desabitadas, sem resquícios de vida humana, dentro desta definição, parcela da floresta amazônica bem como o Sahara seriam considerados desertos. Porém, no ponto de vista atual, os desertos também incluem a redução de todas as formas de vida, inclusiva a vegetal, sendo assim, a floresta amazônica é excluída deste conceito. Contudo, é fundamental outros critérios para definição de deserto, para situar-se melhor no contexto.

O desenvolvimento de desertos existentes é vinculado as desfavoráveis condições climáticas que interferem na implantação da vegetação pioneira. Em contrapartida, a ação antrópica sobre o meio ambiente pode gerar ambientes desérticos ou semidesértico, que é o caso do processo de desertificação (SÁ; FOTIUS & RICÉ, 1994).

O termo desertificação foi utilizado pioneiramente por Aubreville em 1949, para descrever regiões da África tropical, que foram submetidos a degradação devido a acentuada utilização dos recursos naturais e a falta de importância ao desenvolvimento ambiental. Em que, relacionou a desertificação com a ação antrópica (BARROS, 2010).

Os primeiros indícios de desertificação começaram a ser percebidos no semiárido brasileiro nos anos de 1970, quando o estudo pioneiro, realizado pelo ecólogo pernambucano João Vasconcelos Sobrinho, orientava, que aquela região estaria a surgir um grande deserto, com todos os atributos ecológicos que encaminham à formação dos grandes desertos hoje presentes em outras áreas do mundo (BRASIL, 2004).

Conforme PAE-Paraíba (2011), a definição oficial para o processo de desertificação segue os termos da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (1995), que tem como base as suposições da Agenda 21, que menciona que a desertificação, pode ser apontada como degradação da terra nas zonas áridas, semiáridas e subúmidas secas.

A desertificação é decorrente de diversos fatores, que abrangem desde as variações climáticas até às atividades antrópicas, este último tem relação ao uso inadequado do solo, água e vegetação, que por sua vez reduz a capacidade do solo produzir bens e serviços do ecossistema de que a população depende, afetando assim sua qualidade de vida (BRASIL, 2004).

No planeta, existem diversas áreas já desertificadas e outras susceptíveis a desertificação, atingindo direta e indiretamente mais de 1 bilhão de pessoas em mais de 100 países. No Brasil, os territórios considerados vulneráveis localizam-se no polígono das secas, que engloba o nordeste brasileiro e uma parcela do Sudeste, como o norte do estado de Minas Gerais. As áreas susceptíveis à desertificação totalizam 18,56% do território nacional e atingem 31 milhões de brasileiros. (CAVALCANTE, et al., 2017; PAE-PARAÍBA, 2011).

Cerca de 60% do Nordeste Brasileiro, é composto de áreas semiáridas, com aproximadamente 980.711 km², estas regiões estão mais vulneráveis aos impactos da elevação da temperatura e conseqüentemente mais susceptíveis a desertificação (DOMINGUES; MAGALHÃES; RUIZ, 2011).

Os indícios de degradação estão presentes em diversas partes do semiárido, e muitas vezes são conhecidas como núcleos de desertificação. Geralmente, esses núcleos são caracterizados por manchas desnudas e/ou com cobertura vegetal baixa e sinais de erosão, e em diversos locais como este, existem dados que comprovem que a degradação ambiental vem afetando a produção agrícola, a economia e condições sociais (SÁ; ANGELOTTI, 20--).

De acordo com Sá, Fotius & Riché (1994), citando Leal Filho (1992), até o período do descobrimento do país, o Nordeste dispunha de uma vegetação bastante densa e nos dias de hoje encontra-se áreas completamente devastadas. Relatam que a destruição das florestas modificou as condições climáticas locais que progrediram para um tipo de desertificação somente visto no continente africano, apesar que o Brasil é um país tropical onde não existem desertos.

Os principais agentes causadores da desertificação, tem relação direta com as ações antrópicas, assim como também com as condições climáticas. Em relação as condições climáticas, pode-se citar as recorrentes e prologadas secas que atingem alguns Estados e regiões e a tornam ainda mais agudas devido as ações humanas (SÁ; ANGELOTTI, 20--).

A atividade antrópica no processo de desertificação, é considerado o principal fator causador da desertificação no Brasil, visto o grande número de ações realizadas de forma insustentável, que tem ocasionado uma rigorosa redução de vegetação e da capacidade produtiva solo. Esses fatores são oriundos do desmatamento de áreas com vegetação ativa, ocupação humana, mineração excessiva, uso intensivo e inadequado do solo tanto na agricultura quanto na pecuária, queimadas e práticas inadequadas de irrigação (FRANCISCO, 2018; CAUSAS..., 2013).

A remoção da cobertura vegetal elimina praticamente toda a diversidade vegetal e animal de determinada área, além de desproteger o solo dos fatores erosivos e aumentar o albedo e a temperatura do solo da região, sendo assim, o desmatamento é o principal causador tanto da desertificação como da diminuição da biodiversidade, visto que, o solo nu e desprotegido fica vulnerável a intensificação dos processos erosivos, deslocando pequenas partículas de solo, deixando o solo menos fértil e com uma menor capacidade de reter água, reduzindo das disponibilidades hídrica da região (MENDES, 1994).

Portanto, com base em todos os problemas citados acima, a sociedade é afetada diretamente pelo o processo de desertificação, dado que, a baixa produtividade e diminuição dos investimentos das empresas causam a falta de emprego, que ocasiona um seguimento de migração elevado. Em virtude disso, afeta a economia da região atingida, devido a diminuição de consumo e produção, fatores que influenciam de modo direto a circulação de renda, enfraquecendo o município e conduzindo a pobreza. Onde, cerca de 85% da pobreza do Brasil, se encontra em áreas desertificadas e/ou vulnerável a desertificação (CAUSAS..., 2013).

2.8.1 Fator Determinante (Índice de Aridez)

A semiaridez nordestina é um fenômeno natural, agravado pela atividade humana, e intensificado com o prolongado período de estiagem, que acarreta na baixa pluviosidade na estação dita chuvosa. Este fenômeno, provoca uma exploração mais intensa nos recursos naturais, principalmente pela população rural com menor poder aquisitivo e mais vulnerável a esta situação (SOUSA; FERNANDES; BARBOSA, 2008).

De acordo com Lima, Rocha e Alencar (2017) aridez é condição do clima, que associa a insuficiência de precipitação pluviométrica apropriado para manter determinada vegetação. O Índice de Aridez (IA) é um fator bastante utilizado para determinar as áreas secas, porém, Lopes e Leal (2015), ressaltam, que inicialmente, ele foi empregado para verificar os efeitos antropogênicos nas condições climáticas, e hoje é utilizado para ciência de zoneamento agrícola e mudanças climáticas no geral.

Barros (2010) evidência que o IA não é apenas utilizado nos estudos de áreas secas, mas, também um fator fundamental, nos estudos do processo de desertificação, visto que, a susceptibilidade deste processo está em conformidade com o nível de aridez da área.

A susceptibilidade à desertificação dispõe de diversas metodologias e classificações, algumas mais complexas e outras mais compreensível, de aspectos sociais e econômicos, e demais provenientes de estudos climatológicos. Uma das metodologias mais simples e de melhor critério para as áreas mais vulneráveis, é a que trabalha como base as faixas do IA, apresentada por Matallo Júnior e Schenkel (2003), já que esta, utiliza fatores quantitativos, e reflete a pluviosidade e perda de

água pela evaporação e transpiração. Essa classificação apresenta três níveis susceptibilidade, sendo Muito Alta, Alta e Moderada, e variam de acordo com a faixa do IA (LOPES; LEAL, 2015).

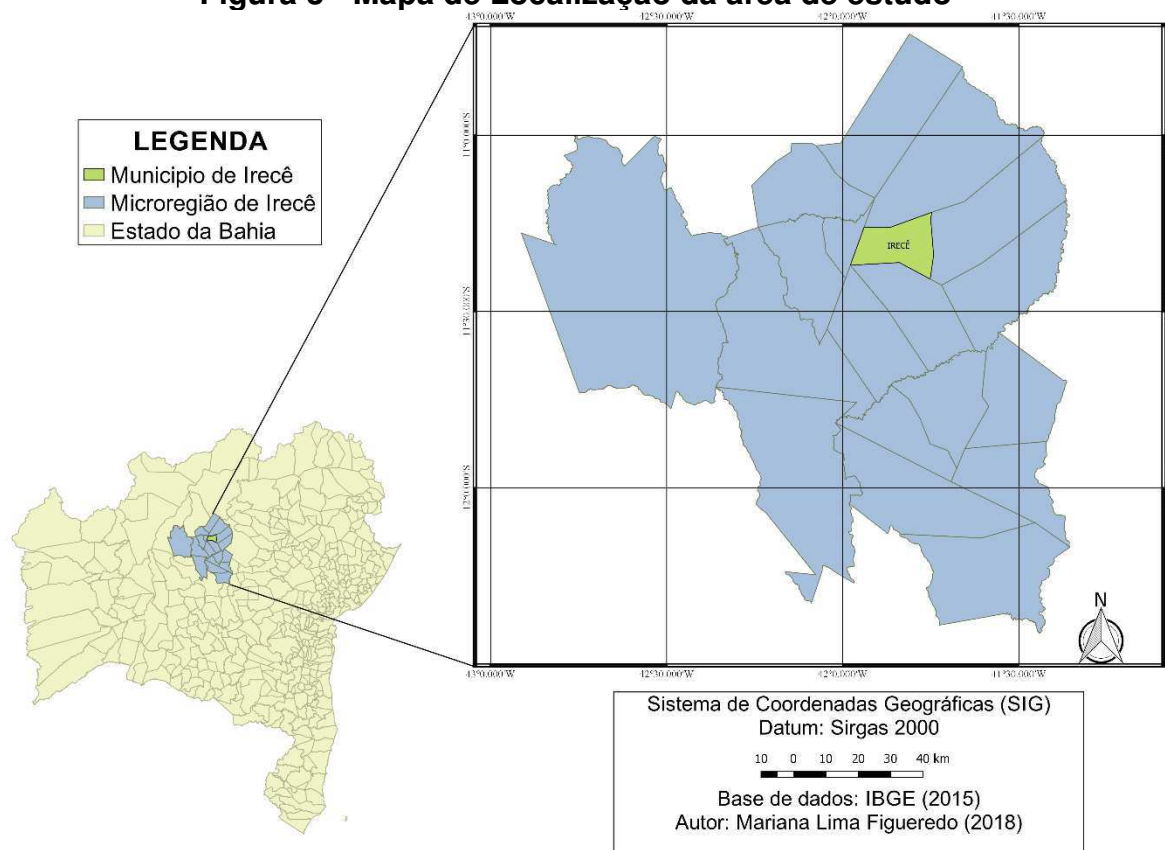
Segundo Lima, Rocha e Alencar (2017) referenciando Sampaio (2003) a importância da definição do IA para determinação da susceptibilidade à desertificação está no fato, do processo se restringir a regiões secas, e o cálculo do índice designa a condição climática.

3. MATÉRIAS E MÉTODOS

3.1 Localização da área de estudo

A microrregião de Irecê está localizada no centro norte baiano (Figura 3), possui uma população de aproximadamente 400.000 hab, distribuída em 17.379,725 km², dividida em 19 cidades (Tabela 1), IBGE (2015).

Figura 3 - Mapa de Localização da área de estudo



Fonte: Autoria própria, 2018

De acordo com a classificação climática de Köppen (BSw'h'), a microrregião de Irecê está situada na região semiárido quente, representada pela baixa umidade e pouco volume de chuva.

Na Tabela 1 estão as localizações e dados das cidades pertencentes a microrregião de Irecê.

Tabela 1 - Descrição dos municípios pertencentes à microrregião de Irecê

(continua)

Município	Altitude (m)	Longitude	Latitude	População (hab) (2015)	Área (km ²)
América Dourada	711 m	41° 26' 09" W	11° 27' 18" S	16.923	743
Barra do Mendes	716 m	42° 03' 32" W	11° 48' 36" S	14.526	1.252
Barro Alto	705 m	41° 54' 43" W	11° 45' 39" S	15.377	425
Cafarnaum	700 m	41° 28' 04" W	11° 41' 38" S	18.695	927

Tabela 1 - Descrição dos municípios pertencentes à microrregião de Irecê

(continuação)

Canarana	691 m	41° 46' 08" W	11° 41' 06" S	26.382	617
Central	698 m	42° 06' 46" W	11° 08' 09" S	18.140	606
Gentio do Ouro	1094 m	42° 30' 21" W	11° 25' 44" S	11.423	3.671
Ibipeba	700 m	42° 00' 39" W	11° 38' 27" S	18.674	1.417
Ibititá	782 m	41° 58' 40" W	11° 32' 49" S	18.727	564
Iraquara	687 m	41° 37' 08" W	12° 14' 56" S	25.006	800
Irecê	722 m	41° 51' 21" W	11° 18' 14" S	73.380	319
João Dourado	813 m	41° 39' 50" W	11° 21' 00" S	25.141	984
Jussara	626 m	41° 58' 08" W	11° 02' 49" S	15.841	948
Lapão	775 m	41° 49' 55" W	11° 22' 58" S	27.521	638
Mulungu do Morro	822 m	41° 38' 20" W	11° 57' 57" S	12.200	517
Presidente Dutra	650 m	41° 59' 13" W	11° 17' 45" S	14.712	163
São Gabriel	692 m	41° 54' 43" W	11° 13' 44" S	19.542	1.199
Souto Soares	800 m	41° 38' 16" W	12° 05' 20" S	17.332	1.095
Uibaí	587 m	42° 07' 58" W	11° 20' 13" S	14.483	550

Fonte: Adaptado IBGE, (2015)

3.2 Metodologia

Para análise da estatística descritiva e não-paramétrica foi utilizado a série histórica de precipitação mensal da estação pluviométrica da cidade de Irecê, compreendendo o período dos anos 1944 a 2017 (74 anos), obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), da Agência Nacional de Águas (ANA) e/ou Instituto do Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado da Bahia (INEMA). Esta série apresentou falhas nos anos de 1985 e 1992, no qual foi preenchido com base nos dados na série histórica de precipitação anual do município de Irecê, encontrado no trabalho de Barbosa (2000), o qual adquiriu os dados do INMET e da SUDENE.

3.2.1 Estatística Descritiva

Foi realizado uma análise de consistência e tendência linear dos dados de precipitação, através de médias, desvios padrões, coeficiente de variação mensais e análise de regressão do total anual, afim de identificar tendências e os períodos dentro da série, em que a pluviosidade foi maior ou menor, assim como sua variabilidade temporal.

Os parâmetros da estatística descritiva, como médias, desvio padrão, coeficiente de variação e análise de regressão foram obtidos utilizando-se as seguintes equações, respectivamente:

$$\bar{x} = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{n} \quad (1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (2)$$

$$CV = \frac{S}{\bar{x}} \quad (3)$$

$$Y = ax + b \quad (4)$$

Em que:

\bar{x} é a média; x_i são os valores da variável; n a quantidade da variável da série; S é o desvio padrão; CV é o coeficiente de variação; Y é a precipitação; X é o tempo e “ a ” e “ b ” são coeficientes da regressão calculados pelo método dos mínimos quadrados.

Vale ressaltar que para as análises mensais de média, desvio padrão e coeficiente de variação, não foi incluso os anos de 1985 e 1992, uma vez que só disponibilizado esse dado anual.

3.2.2 Estatística não-paramétrica (PETTIT)

Para determinar o ponto de mudança brusca (ano) na série histórica de precipitação, foi empregada a estatística não-paramétrica de Pettit. Esse teste será utilizado como um dos indicadores de alterações no microclima de Irecê. De acordo com Back (2001) este aplica uma versão do teste de Mann-Whitney, em que consiste verificar se duas amostras X_1, \dots, X_t e X_{t+1}, \dots, X_T são da mesma população.

Conforme Pettit (1979) a estatística $U_{t,T}$ pode ser calculada aplicando a seguinte equação:

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + V_{t,T} \quad (5)$$

Para $t=2, \dots, T$;

$$V_{t,T} = \sum_{j=1}^T (\text{sgn}(X_t - X_j)) \quad (6)$$

onde $U_{1,T}=V_{1,T}$.

Segundo Nogueira (2015), no momento que não houver laços nos dados, $V_{t,T} = T+1-2Rt$, onde Rt é ordem X_t na amostra de T observações. Em que, a estatística $K(t)$ identifica o ponto em que ocorreu alteração brusca na média da série temporal, descrita pela equação (7) a seguir.

$$K(t) = \text{MAX } 1 \leq t \leq T |U_{t,T}| \quad (7)$$

No qual, o nível de significância para 5% foi calculado aproximadamente pela equação abaixo:

$$p \cong 2e^{-\frac{6(K(t))^2}{T^3+T^2}} \quad (8)$$

O ponto de mudança brusca é o t onde ocorre o máximo de $k(t)$. Os valores críticos de K podem ser calculados pela equação:

$$K_{crit} = \pm \sqrt{\frac{-\ln\left(\frac{p}{2}\right)(T^3 + T^2)}{6}} \quad (9)$$

3.2.3 Sensoriamento Remoto

Utilizou-se processamento digital das imagens dos satélites Landsat 4-5 – sensor TM, e do Landsat 8 – sensor OLI e imagem Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), por meio do *software* livre Qgis 2.14.19, que além do processamento de imagens, auxiliou na correção destas e na edição vetorial, que proporcionaram a confecção de mapas de NDVI, composição natural, declividade e hipsometria.

As imagens de Landsat operadas foram obtidas através da base de dados do USGS, com órbita/ponto 218/68, que compreende maior parte a área de estudo. O critério utilizado para a escolha das imagens foi o de encontrar a quantidade mínima de nuvens, já que estas podem afetar no resultado e não apresentar uma boa qualidade, um outro critério empregado, foi o de escolher as imagens de um mesmo período do ano. Porém, este não foi possível atender, visto que para cobrir toda área de estudo seria necessárias quatro imagens de uma área relativamente grande, e as chances de encontrar todas com a mesma data e sem interferência de nuvens eram mínimas. Assim, foi utilizada apenas uma carta que abrange maior parte do território da microrregião. No entanto, foram selecionadas as imagens de abril de 1988, junho de 1996, setembro de 2001, junho de 2010 e outubro de 2017, e analisadas em conjuntos, de acordo com a estação do ano.

Posterior a escolha das imagens, as bandas espectrais das imagens, verde (0,520 - 0,600 μm), vermelho (0,630 - 0,690 μm) e infravermelho próximo (0,760 - 0,900 μm), foram reprojatadas para o Sistema de Referência Geocêntrico para as Américas (SIRGAS) 2000, e realizada a correção atmosféricas das mesmas pelo complemento Semi-Automatic Classification Plugin (SCP) do *software* livre Qgis 2.14.19, onde as refletâncias da superfície são ajustadas afim de minimizar os fatores que degradam as imagens, que podem comprometer a análise e interpretação das mesmas.

- *NDVI*

Após todo o tratamento das imagens, foi possível realizar o cálculo do NDVI que é obtido pela razão da diferença da reflectância das bandas do infravermelho próximo com a banda do vermelho pela soma dessas mesmas reflectância, como proposto por Rouse et al (1973) na equação abaixo.

$$NDVI = \frac{pNIR - pRED}{pNIR + pRED} \quad (10)$$

No qual:

pNIR é banda espectral do infravermelho próximo e pRED é a banda espectral do vermelho

Para as imagens do Landsat 4-5, a infravermelho próximo é representada pela banda 4 e a vermelho pela 3. Já em imagens de Landsat 8, a vermelha é representada pela banda 4 e a infravermelho pela 5.

Vale ressaltar que o Índice de vegetação da diferença normalizada é um indicador sensível a condição e quantidade de vegetação, e seus valores variam no intervalo de -1 e 1. Desta forma, foram definidos e classificados seis classes e seus específicos alvos da superfície identificados em campo (Tabela 2).

Tabela 2 - Intervalos de NDVI correspondente a suas respectivas classes e alvos de superfície

Intervalos de NDVI	Alvos da Superfície
-1 a 0	Água
0 a 0.25	Solo exposto/Vegetação rasteira
0.25 a 0.45	Pouca vegetação a Moderada vegetação
0.45 a 0.65	Moderada vegetação a Muita vegetação
0.65 a 0.85	Muita vegetação

(continua)

Tabela 3 - Intervalos de NDVI correspondente a suas respectivas classes e alvos de superfície

(continuação)

0.85 a 1	Total vegetação
----------	-----------------

Fonte: Adaptado de Lima e Freitas Filho (2015)

- COMPOSIÇÃO NATURAL

A composição natural para discriminação dos alvos terrestre é extremamente importante, uma vez que o olho humano é capaz de enxergar mais facilmente matrizes de cores do que tons cinzas, sendo assim, a composição natural das imagens de Landsat pode ser obtida através da equação a seguir:

$$CN = pRED + SGreen + SBlue \quad (11)$$

$$SGreen = 0.65 * pGREEN + 0.35 * pNIR \quad (12)$$

$$SBlue = 0.85 * pGREEN - 0.15 * pNIR \quad (13)$$

Na qual: CN é a composição natural; SGreen é a cor sintética do verde; SBlue a cor sintética do azul; pGREEN a banda espectral do verde. Para o Landsat 4-5 a banda espectral verde é caracterizada pela banda 2 e o Landsat 8 pela banda 3.

- DECLIVIDADE E HIPSOMETRIA

A planta digitalizada do SRTM, para confecção de mapas de declividade hipsometria foi adquirida junto a EMBRAPA, a partir do projeto Brasil em relevo, no qual são gerados com base de dados de radar, obtidos de sensores a bordo do ônibus espacial Endeavour. Onde a imagem SRTM foi processada junto ao complemento do QGis Grass 2.14.19. Tal que, a declividade da área de estudo seguiu a metodologia de classes da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979) Tabela 3.

Tabela 4 - Classes de declividade

Classes de declividade	Declividade (%)
Plano	0 – 3
Suave ondulado	3 – 8
Ondulado	8 – 20
Forte-ondulado	20 – 45
Montanhoso	45 – 75
Escarpado	(> 75%)

Fonte: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1979)

3.2.4 Susceptibilidade à Desertificação

Por falta de dados não foi possível aplicar a metodologia que é mais difundida e utiliza o índice de Aridez. Assim, obteve-se a condição climática de toda a área estudada através do arquivo shapefile disponível pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA), e determinou-se o nível de susceptibilidade da microrregião de Irecê nos dias atuais com base nos dados da tabela 4.

Tabela 5 - Classificação quanto ao nível de susceptibilidade à desertificação com auxílio da condição climática

Nível de susceptibilidade à desertificação	Condição Climática
Superior a moderada	Subúmido úmido
Moderada	Subúmido seco
Alta	Semiárido
Muito alta	Árido
Inferior a muito alta	Hiperárido

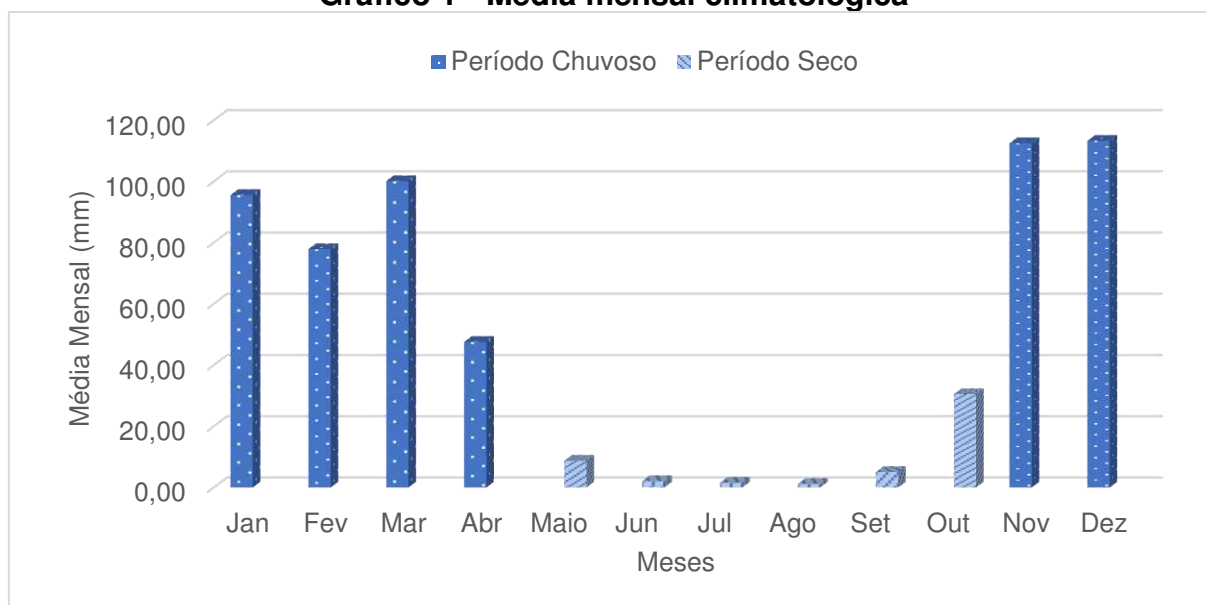
Fonte: Adaptado de Lopes e Leal (2015)

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Análise da estatística descritiva das precipitações

Com a realização de uma climatologia compreendendo um período de 72 anos de dados pluviométricos mensais, verificou-se uma alta variabilidade de precipitação ao longo do ano no município de Irecê. Com base no histograma (Gráfico 1) é possível notar duas estações de chuva bem definidas e distintas, podendo definir o período chuvoso entre os meses de novembro a abril (NDJFMA), com precipitação média mensal próximo a 100mm, onde os meses de novembro e dezembro se destacam com a maior média mensal registrada em torno de 110mm. Já o período seco é caracterizado pelos meses de maio a outubro (MJJASO), tendo outubro o maior valor médio mensal dentro do período seco, com 30,5 mm, sendo que agosto apresenta a menor média registrado durante o estudo climatológico com 1,21 mm.

Gráfico 1 - Média mensal climatológica



Fonte: Autoria Própria (2018)

A partir da Tabela 5, é possível analisar que o coeficiente de variação apresentou variações superiores a 70% para todos os meses, o que representa uma extensa variabilidade na precipitação da cidade de Irecê, ao longo do ano. Santos e Alquino (2017) encontraram um resultado similar a este, quando realizaram uma análise de precipitação e anomalias de chuvas para o município de Castelo do Piauí no semiárido piauiense.

Ainda referente a Tabela 5 destaca-se os valores de desvio padrão, onde apresentaram os maiores valores para os meses do período chuvoso, retratando que

dentre esses meses a um grau de dispersão em relação a sua média. Anjos et al (2017) também encontraram resultados equivalentes para a cidade de Serra Grande semiárido paraibano, com os maiores valores de desvio padrão no registrado no período chuvoso.

Tabela 6 - Parâmetros estatísticos a partir da série de precipitação pluviométrica

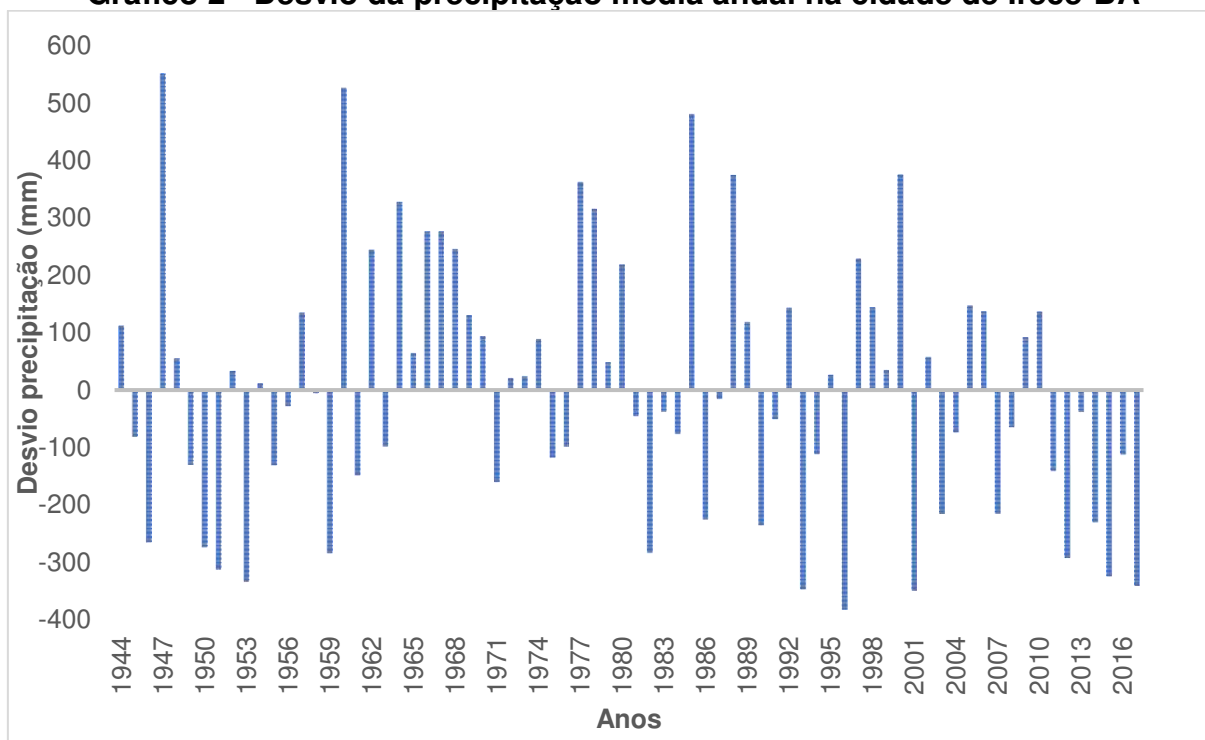
MESES	PARÂMETROS		
	MÉDIA (mm)	DESVIO PADRÃO	COEF. DE VARIAÇÃO
Jan	95,55	92,44	0,97
Fev	77,87	70,00	0,90
Mar	100,09	91,48	0,91
Abr	47,58	46,15	0,97
Maio	8,78	20,62	2,35
Jun	2,09	5,43	2,59
Jul	1,60	4,78	2,99
Ago	1,21	3,65	3,02
Set	5,06	18,81	3,72
Out	30,50	38,27	1,25
Nov	112,47	81,66	0,73
Dez	113,27	87,18	0,77

Fonte: Autoria Própria (2018)

Analisando os desvios de totais anuais de precipitação da estação pluviométrica de Irecê em relação à média climatológica, nota-se uma variação significativa da precipitação (Gráfico 2), onde, 51% da série histórica está abaixo da média. Em que a média histórica para os 74 anos estudados é de aproximadamente 600mm, e o ano de 1996 foi o que apresentou maior estiagem com desvio da média em torno de -380 (mm). Delgado e Souza (2014) encontraram um percentual similar quando analisou a variação da precipitação no município de Cruzeiro do Sul no estado do Acre, vale ressaltar, que a condição climática da cidade de Cruzeiro do Sul é completamente distinta da de Irecê.

Destaca-se ainda que a década de 60 foi a que mais apontou desvio acima da média, coincidindo com o início da produção de feijão na microrregião, porém, os últimos sete anos analisados foram o que tiveram desvio negativo mais significante. A variabilidade interanual de precipitação demonstra grande variabilidade das chuvas em relação à média anual climatológica.

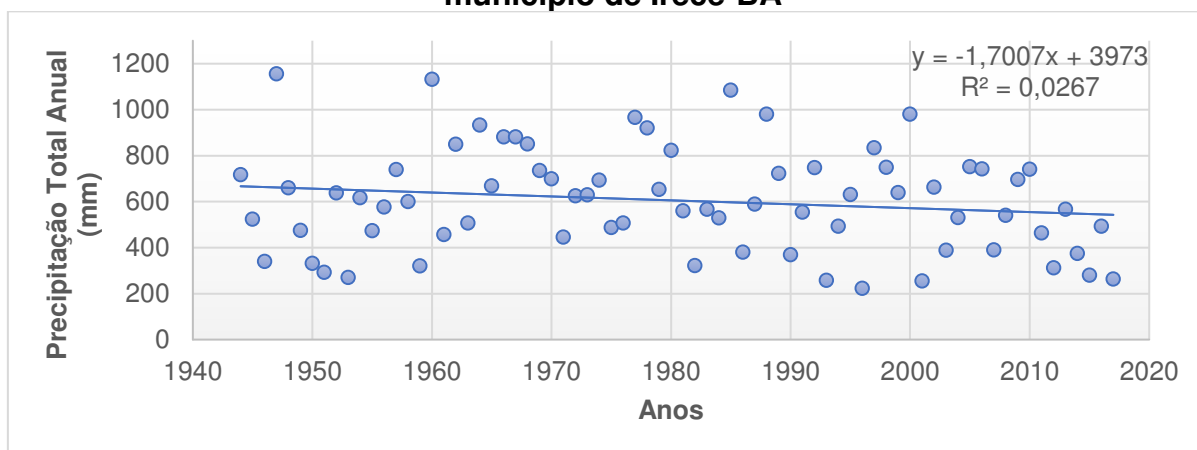
Gráfico 2 - Desvio da precipitação média anual na cidade de Irecê-BA



Fonte: Autoria Própria (2018)

No resultado da análise regressão (Gráfico 3) foram detectados uma tendência não significativa onde houve diminuição da precipitação no período estudado, representado pelo coeficiente angular negativo, apesar do R^2 apresentar relação fraca entre as variáveis analisadas, baixa qualidade de ajustes e alta dispersão dos dados pluviométricos. Delgado e Souza (2014) também obtiveram um coeficiente de determinação muito baixo quando aplicado a regressão linear para a série história de Cruzeiro do Sul-AC, em que foram identificadas tendências positivas não significativas pelo teste de regressão.

Gráfico 3 - Análise de regressão da série climática de precipitação para o município de Irecê-BA



Fonte: Autoria Própria (2018)

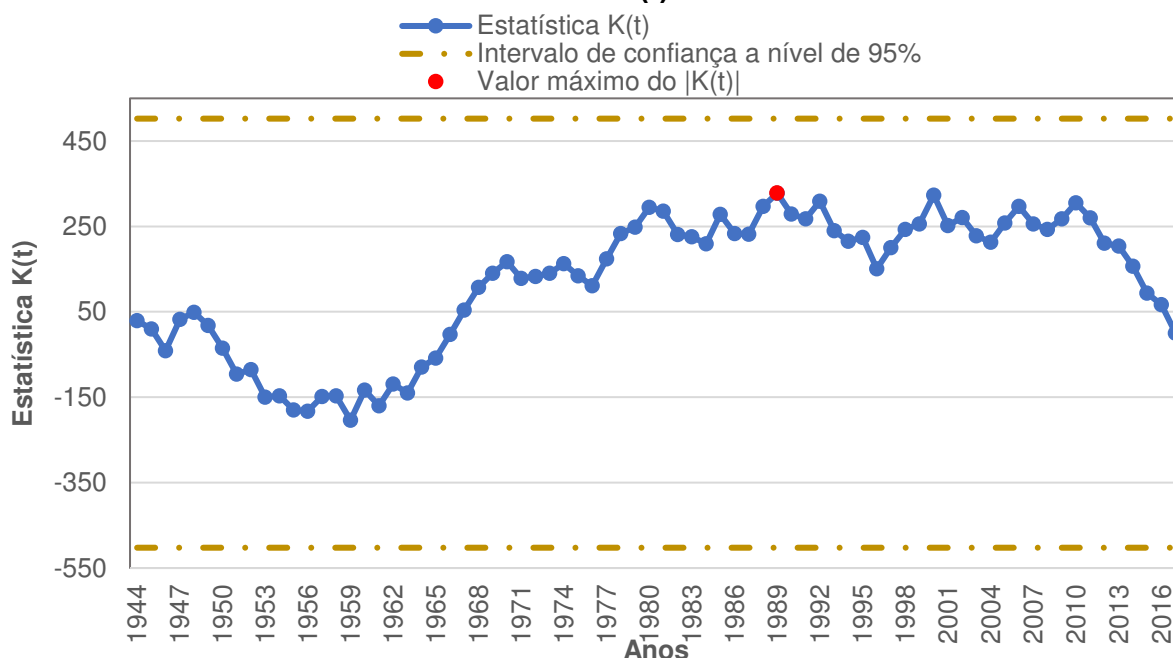
Com os dados observados, é possível notar que a distribuição pluvial no município de Irecê é marcada por irregularidade mensal e anual, principalmente pela retirada da vegetação da área, sua posição geográfica, localizada numa região semiárida.

4.2 Estatística não-paramétrica (Pettit)

Segundo Nogueira (2015) o teste de Pettit indica o ponto de mudança brusca no valor máximo de $K(t)$, porém essa tendência é considerada significativa sempre que os valores absolutos ultrapassam o limite de confiança. Sendo assim, o teste de Pettit, quando aplicado a série climatológica de Irecê, não apresentou tendência significativa (Gráfico 4), contudo, indica que houve uma alteração negativa no regime de chuvas no ano de 1989.

Penereiro e Ferreira (2012) constataram resultado equivalente para os dados de precipitação de Pindamonhagaba-SP, o teste de Pettitt não identificou mudança significativa para a série, assim como Nogueira (2015) que descarta a existência de tendência significativa em Chapadinha-MA, já que em nenhum momento a estatística $k(t)$ cruza o intervalo de confiança.

Gráfico 4 - Estatística $K(t)$ do teste de Pettit

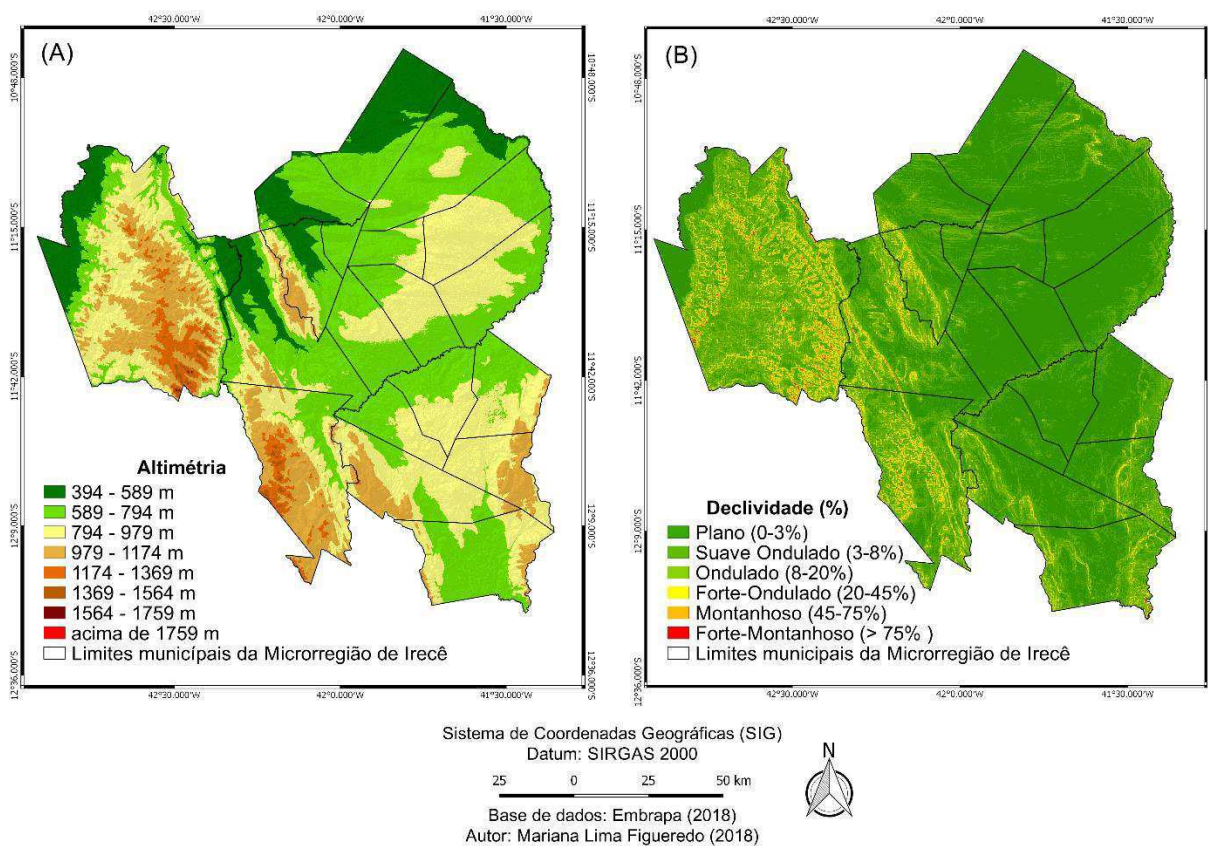


Fonte: Autoria Própria (2018)

4.3 Dados Fisiográficos

Localizada na zona fisiográficas da Chapada Diamantina, a microrregião de Irecê apresenta grande variabilidade de altitude, podendo ser observado na Figura 4a que retrata o modelo digital de elevação da área de estudo, onde é possível analisar que a variação de um ponto a outro pode chegar até mais de 1000m. Observa-se também que a área exibe uma declividade (Figura 4b) que vai desde plano até montanhoso, com maior predominância do plano e suave ondulado.

Figura 4 - Mapa de altimetria (A) e declividade (B) e da Microrregião de Irecê-BA



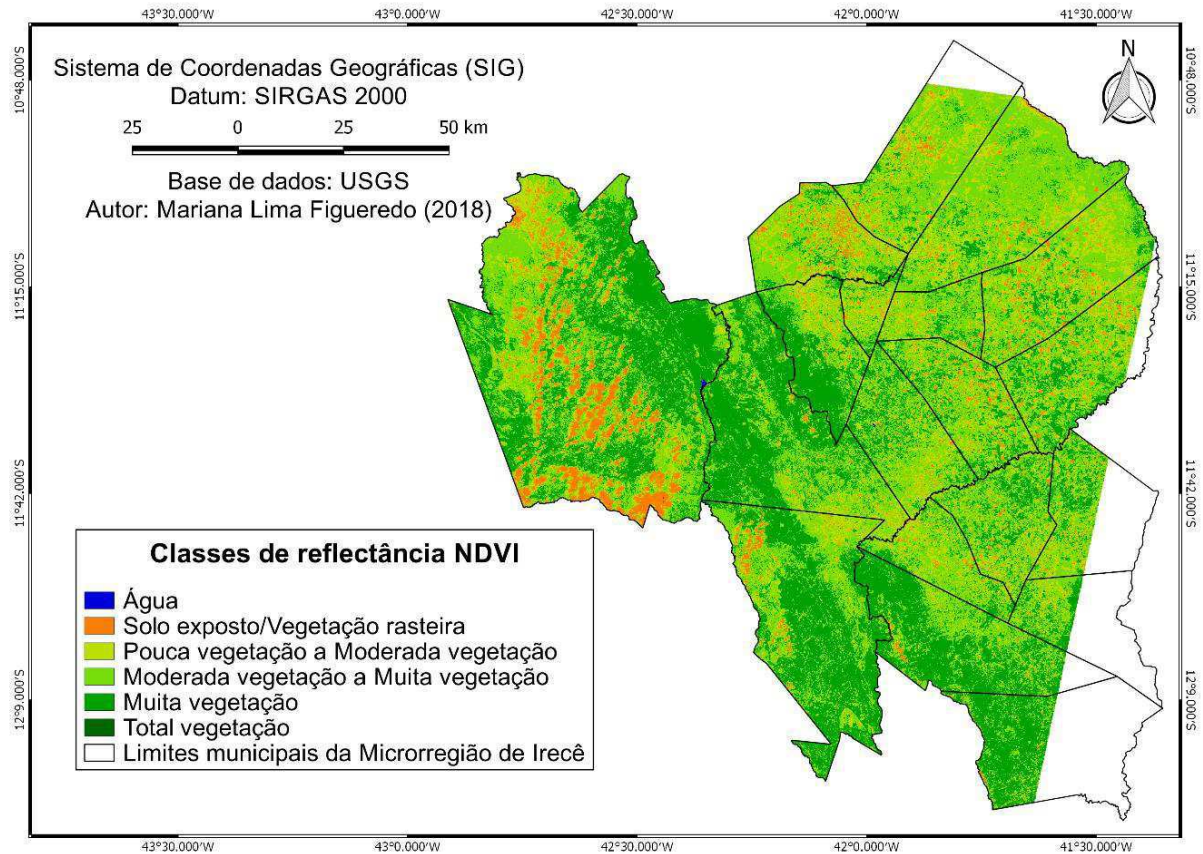
Fonte: Autoria Própria (2018)

4.3.1 NDVI

O índice de vegetação NDVI foi utilizado para demonstrar o comportamento da mudança da vegetação na microrregião de Irecê-BA após o processo de intensa exploração agrícola para produção de feijão. Na Figura 5, observa-se o NDVI do dia 14 de abril de 1988, que compreende o período pós colheita do feijão de sequeiro, no entanto, este mapa foi utilizado como referências para o presente estudo, em que caracteriza a época da intensa produção de feijão.

Através da Figura 5 é possível observar que a área de estudo não apresentava grandes proporções de solo exposto e vegetação rasteira, destacando na área vegetação moderada, muita vegetação e total vegetação, que representa uma vegetação mais densa, ou seja, presença de vegetação de maior porte.

Figura 5 - Mapa de NDVI da microrregião de Irecê-BA no ano de 1988



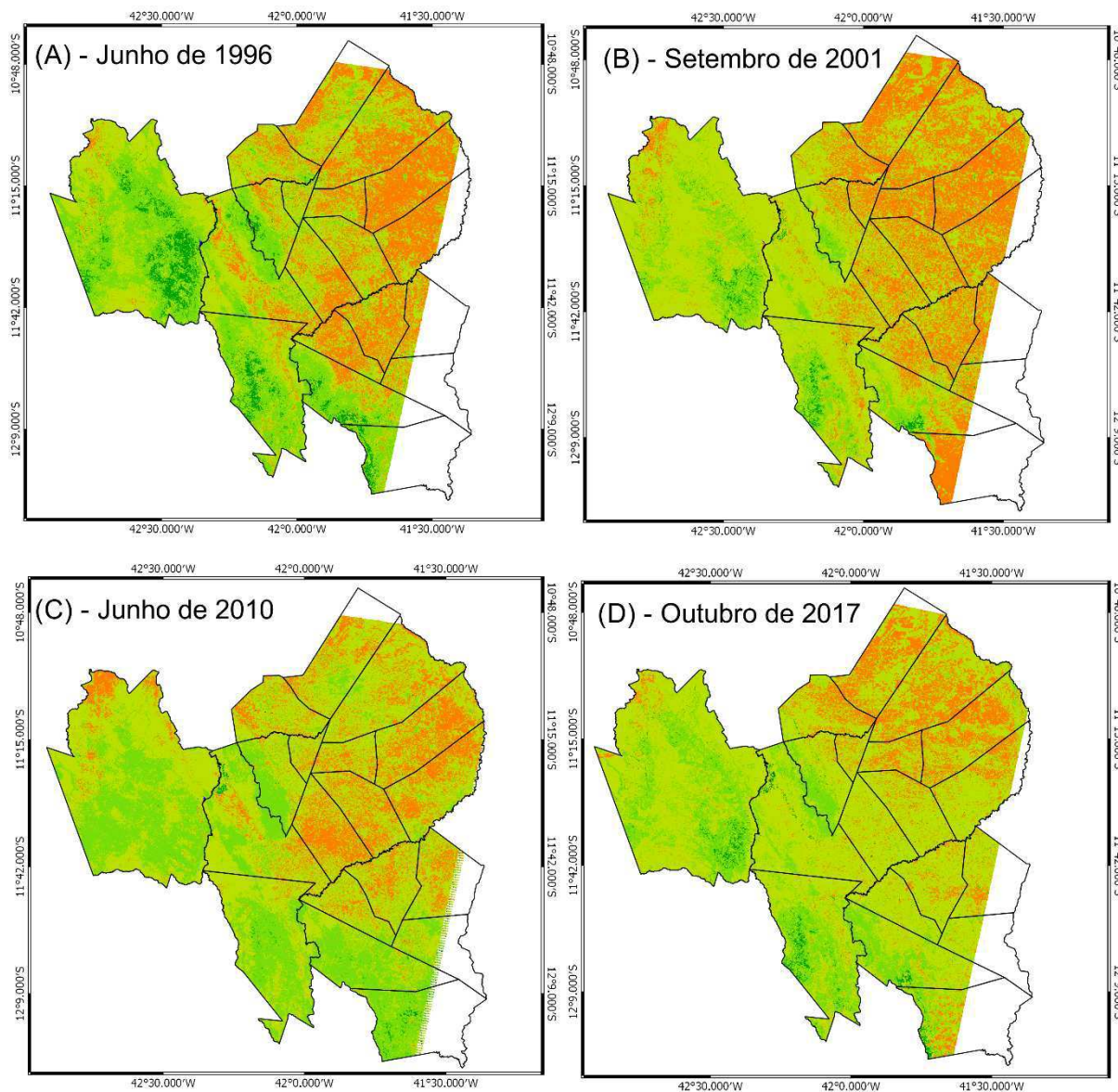
Fonte: Autoria Própria (2018)

Na Figura 6, encontra-se o NDVI para duas estações em anos distintos, inverno e primavera. As figuras 6A e 6C representam o inverno, e quando comparadas uma com a outra observa-se uma diminuição de solo exposto para pouca vegetação, que pode ser justificado, pois em 1996 a microrregião estava passando por um período de crise na produção, onde houve queda no percentual de área plantada e conseqüentemente mais solo exposto e variação de pouca a moderada vegetação. A Figura 6C observa-se pouca presença de solo exposto e maior percentual de moderada a muita vegetação, que pode ser expressa pelas grandes quantidades de chuvas precipitadas na microrregião nos primeiros quatro meses deste ano. Quando as comparando com a figura 5, que representa período da produção de feijão, conclui-se que a microrregião perdeu grande parte de sua superfície vegetada após o início da crise do feijão.

As Figuras 6B e 6D simbolizam a estação da primavera, caracterizando o fim do período seco na microrregião de Irecê, quando igualando as duas imagens, nota-se diminuição de solo exposto no ano de 2017 referente a 2001. Vale ressaltar que nos anos anteriores a 2017, a precipitação foi bem abaixo da média esperada, o que pode representar a presença de vegetação seca, como as vegetações nativas características do bioma caatinga. O grande percentual de solo exposto na Figura 6B, pode ser justificado como o último pico da produção de feijão na microrregião, apesar deste pico não ser significativo como nas décadas de 60 a 90.

Quando comparando as Figuras 5 e 6, observa-se que após a década de 90 houve uma alteração na vegetação da microrregião, no qual, perdeu maior parte da vegetação mais densa, dando espaço a vegetação menos densa e ao solo exposto. As áreas com maior variação de altitude e declividade (Figura 4) foram as únicas que não perderam tanta vegetação como as áreas de pouca variação altimétrica e plana.

Figura 6 - Mapas de NDVI da microrregião de Irecê-BA (A) junho de 1996, (B) setembro de 2001, (C) junho de 2010 e (D) outubro de 2017



Classes de reflectância do NDVI

- Água
- Solo exposto/Vegetação rasteira
- Pouca vegetação a Moderada vegetação
- Moderada vegetação a Muita vegetação
- Muita vegetação
- Total vegetação
- Limites municipais da microrregião de Irecê

Sistema de Coordenadas Geográficas (SIG)
Datum: SIRGAS 2000

10 0 10 20 30 40 km

Base de dados: USGS

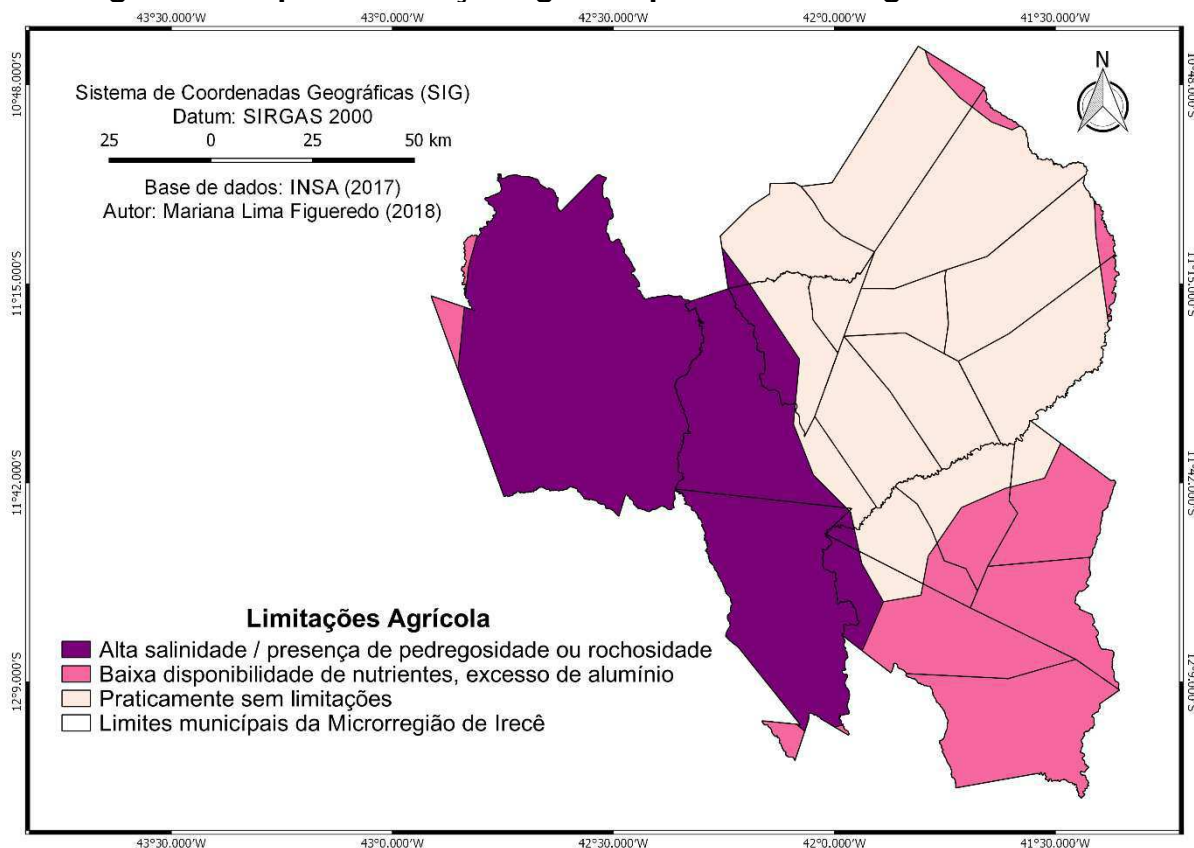
Autor: Mariana Lima Figueredo (2018)



Fonte: Autoria Própria (2018)

Destaca-se ainda, que a área que teve mais variação de vegetação foram as áreas com menor limitação agrícola (Figura 7), então, nota-se que essa área praticamente sem limitações agrícolas são as regiões em que mais se destacam a produção agrícola, podendo acarretar posteriormente em uma exaustão do solo.

Figura 7 - Mapa de limitação agrícola para a microrregião de Irecê-Ba



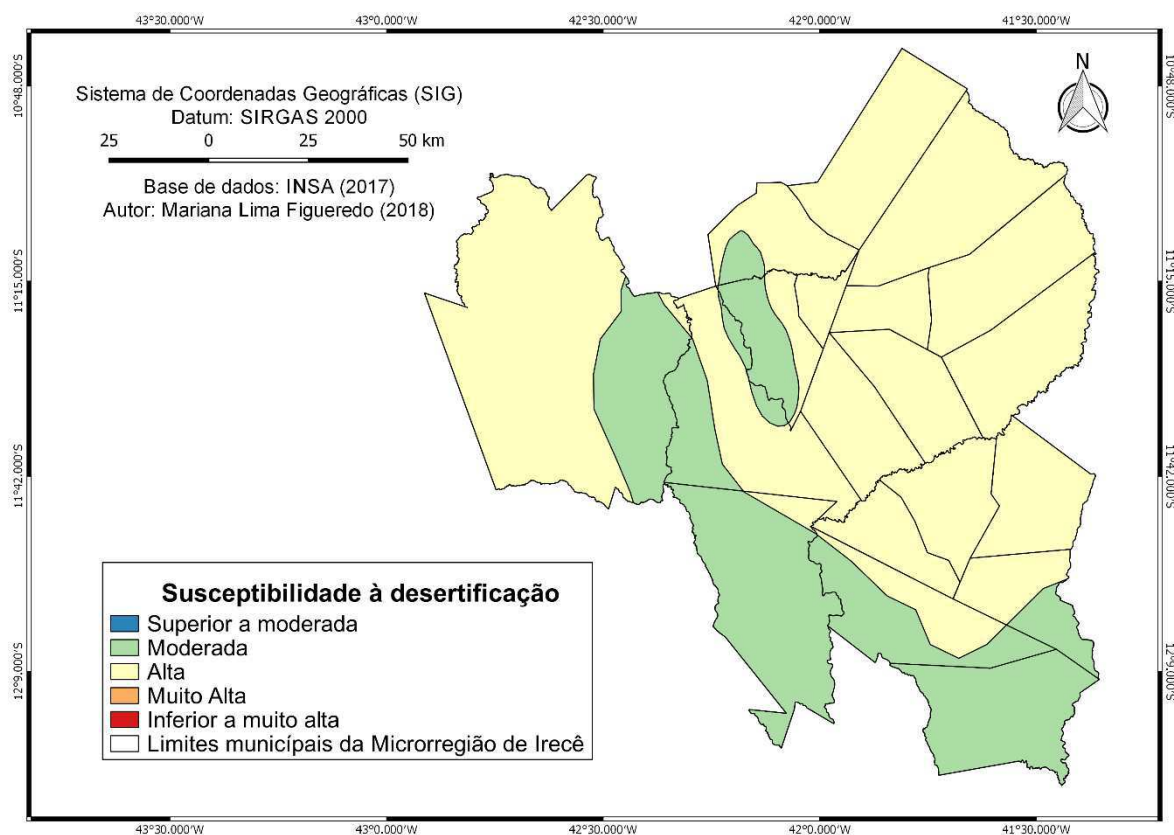
Fonte: Autoria Própria (2018)

4.4 Susceptibilidade à desertificação

A partir da condição climática da região de estudo, foi possível identificar susceptibilidade à desertificação do território (Figura 8), que engloba dois níveis de susceptibilidade, o grau moderado e o alto. No qual, a maior parte da microrregião se encontra a um nível alto de tendência a desertificação, que coincide com a área que apresentou maior variação de vegetação e aptidão agrícola.

Nota-se que a susceptibilidade na região de Irecê, está relacionada a produção agrícola. Barbosa (2000) já previa isso, quando em seus trabalhos relatou que os rumos tomados pela agricultura regional, o uso intensivo dos recursos natural durante décadas para a monocultura do feijão, se não incentivada uma política de uso sustentável dos recursos acarretaria numa desertificação futura.

Figura 8 - Mapa de susceptibilidade à desertificação na microrregião de Irecê-BA



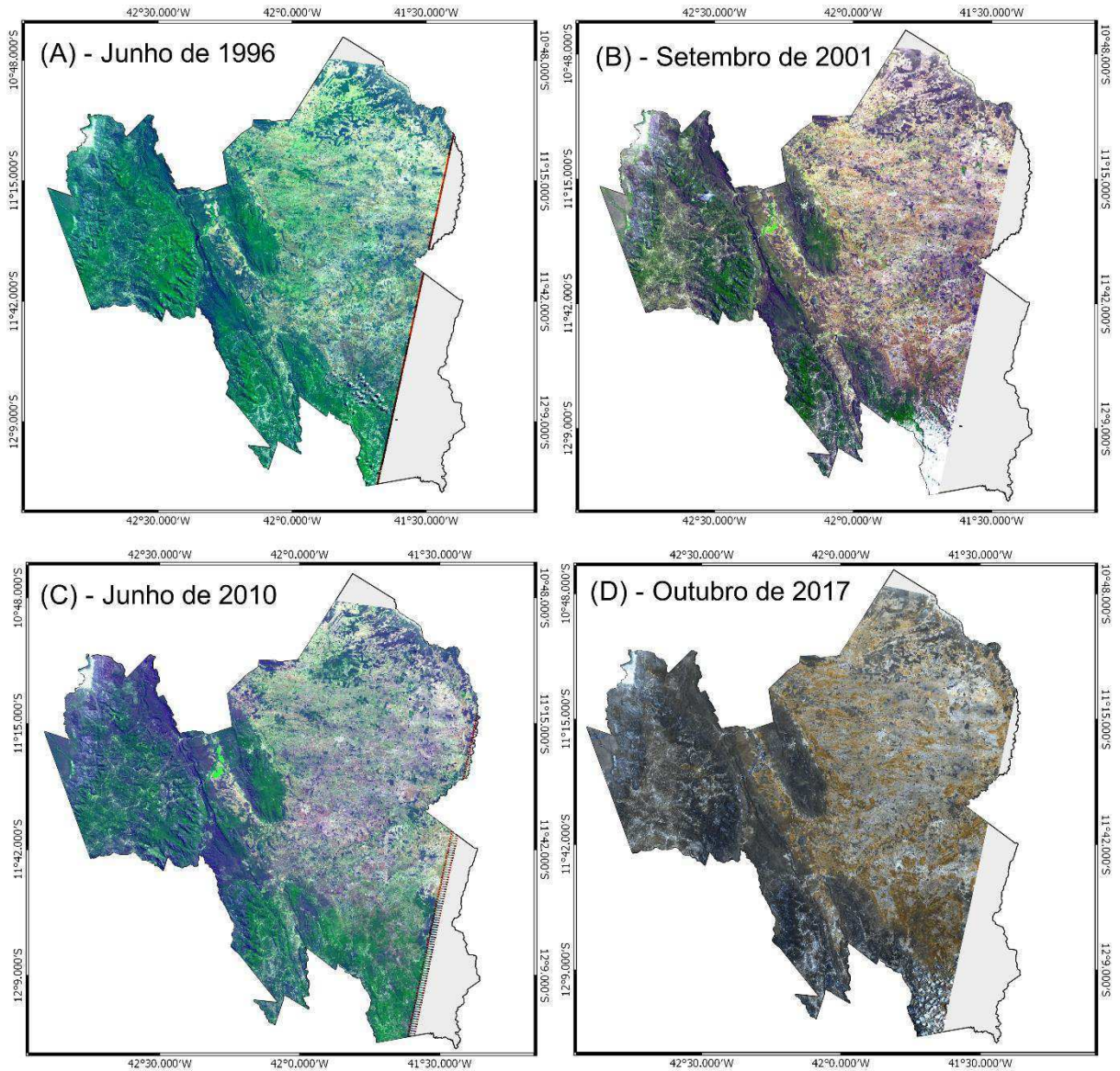
Fonte: Autoria Própria (2018)

Analisando as imagens de composição natural da região estudada (Figura 9), observa-se que no decorrer dos anos, a região apresentou uma tendência na perda da vegetação nativa e diminuição da densidade das demais vegetações, e pode ter estreita ligação com à desertificação.

Dourado (2017) retratou em sua pesquisa, que entre os anos 2000 e 2014, o território baiano apresentou uma queda do nível de precipitação, redução de cobertura nativa, o que acarretou no aumento no índice de aridez e consequentemente, aumento de áreas com risco de desertificação, e esse aumento se deu de forma mais intensa nos principais polos agrícolas baianos. E atualmente, há uma previsão para 2021 e 2050 que deve ocorrer um aumento nas áreas consideradas áridas e uma expansão de terras com risco “alto” para “muito alto” de desertificação.

Com as características indica por Dourado (2017) há uma grande possibilidade da microrregião de Irecê se enquadrar nas áreas previstas para o aumento da susceptibilidade à desertificação.

Figura 9 - Mapas de Composição Natural da microrregião de Irecê-BA (A) junho de 1996, (B) setembro de 2001, (C) junho de 2010 e (D) outubro de 2017



Sistema de Coordenadas Geográficas (SIG)
Datum: SIRGAS 2000

10 0 10 20 30 40 km

Base de dados: USGS
Autor: Mariana Lima Figueredo (2018)



Fonte: Autoria Própria (2018)

5. CONCLUSÃO

A partir da análise descritiva da precipitação demonstrou-se que o período chuvoso na região se estende de novembro a abril e o período seco compreende os meses de maio a outubro. A precipitação apresentou grande variabilidade temporal, e uma tendência na redução na quantidade de chuvas precipitadas, levando em consideração os resultados da análise de regressão.

O teste estatístico não-paramétricos (Pettit) e a análise de regressão apresentaram concordância entre si, observando que houve alteração negativa no regime pluviométrico do município de Irecê, no entanto não teve significância estatística. O teste de Pettit apontou mudança na precipitação no ano de 1989, porém, não foi significativo estatisticamente. A crise do feijão coincide com o maior valor da estatística de Pettit, visto que a crise se inicia no começo da década de 90, e a estatística resulta numa possível ruptura na série no ano de 1989. Mas não se pode afirmar que a média da precipitação tenha sido alterada ao longo dos anos, pois a estatística não foi significativa estatisticamente.

Os mapas referentes ao NDVI apresentaram grande variabilidade temporal de vegetação principalmente nas áreas sem limitações agrícolas, coincidindo com a área de maior grau de susceptibilidade à desertificação.

Sendo assim, é possível concluir que a produção da monocultura do feijão até a década de 90 e o manejo inadequado do solo nas décadas subsequentes resultaram em uma tendência a desertificação, visto que as áreas mais susceptíveis então nas regiões dispostas no território em que ocorria maior concentração da cultura do feijão.

Sugestões para possíveis trabalhos futuros:

Aplicar o teste estatístico não-paramétrico de Mann-Kendall na série climatológica de precipitação de Irecê para averiguar sua relação com o teste de Pettit e a análise de regressão. Assim como, empregar o teste de Mann-Kendall e Pettit na série de temperatura, para certificar-se se também ocorreu impacto na temperatura decorrente da monocultura do feijão.

Da mesma maneira que utilizar os testes para estações pluviométricas espalhadas na microrregião e analisar uma correlação entre elas.

Além, de um estudo mais completo a respeito da susceptibilidade à desertificação, incluindo uma variabilidade temporal.

Assim como, quanto ao sensoriamento remoto ver o Índice de Vegetação Melhorado (EVI) e outras metodologias difundidas para análise de vegetação, e avançar na análise de relação chuva-vegetação através do sensoriamento remoto.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, Hermes Alves de; SOUSA NETO, Gabriel Moisés de; SILVA, Lucas da. **Algumas características da precipitação na estação chuvosa do sertão da Paraíba**. 57ª Reunião Anual da SBPC. Fortaleza-CE: [s.n.], julho, 2005.

ALMEIDA, Paulo Roberto Vieira; WANDER, Alcido Elenor. **Evolução da produção de feijão no Brasil de 1976 – 2009**. Goiânia, GO: [s.n.], 2011.

ANJOS, Igor Bruno Machado dos. et al. **Análise Temporal de precipitação no município de Serra Grande-PB**. II Conidis. Campina Grande-PB: Editora Realize, 2017.

AYOADE, Johnson Olaniyi. **Introdução à climatologia para os trópicos**. Tradução de Maria Juraci Zani dos Santos; revisão Suely Bastos; coordenação editorial de Antônio Christofolletti. 8ª Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2002. 332p.

BACK, Álvaro José. **Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas**. Pesq. Agropec. Bras. Brasília-DP: [s.n.], v.36, n.5, p. 717-726, maio 2001.

BARBOSA, Diva Vinhas Nascimento. **Os impactos da seca de 1993 no semi-árido baiano: o caso de Irecê**. Salvador: SEI, 2000.

BARROS, Kelly de Oliveira. **Índice de aridez como indicador da susceptibilidade à desertificação na mesorregião norte de Minas**. 2010. 89f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Geografia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

BLAIN, G. C.; MORAES, S. O. **Caracterização estatística de oito séries de precipitação pluvial máxima diária da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo**. Revista Brasileira de Meteorologia, [S.l.: s.n.], v.26, p.225-234, 2011

BORTOLUZZI, Ismael Pedro. et al. **Utilização do geoprocessamento na operacionalização do combate ao dengue**. Inf. Epidemiol. Brasília-DF: [s.n.], v.10, 2001.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Secretária de Recursos Hídricos. **Programa de ação nacional de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca Pan-Brasil**. p. 220, 2004.

BRITO, Ramilos Rodrigues. et al. **Índice de vegetação SAVI, NDVI e temperatura do brilho na caracterização da cobertura vegetativa do Distrito de Irrigação dos Tabuleiros Litorâneos do Piauí – DITALPI**. Anais XVII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR, João Pessoa-PB: [s.n.], abril, 2015.

CABRAL JUNIOR, Jório Bezerra; ALMEIDA, Hermes Alves de. **Influência do fenômeno el-niño sobre o regime pluvial na microrregião de Sousa-PB**. Revista Geonorte, Edição Especial, v.2, n.4, p904-915, 2012.

CAUSAS e consequências da desertificação no Brasil. **Redação Pensamento Verde**, 2013. Disponível em <<https://pensamentoverde.com.br/meio-ambiente/causas-e-consequencias-da-desertificacao-no-brasil/>> Acesso em: 26 de junho de 2018.

CAVALCANTE, Hérika. et al. **Determinação da susceptibilidade à desertificação em bacia hidrográfica do semiárido paraibano**. II CONIDIS, Campina Grande-PB: Editora Realize, 2017.

CAVALCANTE, Marilva Batista. **A Bahia boa de se ganhar dinheiro: Desejos de prosperar na Capital do Feijão**. [S.l.: s.n.], 2010.

COSTA, Milla Nóbrega de Menezes; BECKER, Carmem Terezinha; BRITO, José Ivaldo Barbosa de. **Análise das séries temporais de precipitação do semiárido paraibano em um período de 100 anos – 1911 a 2010**. Revista Brasileira de Geografia Física. [S.l.: s.n.], v.06, n.04, p. 680-696, 2013.

DELGADO, Rafael Cool; SOUZA, Leornado Paula de. **Tendência da precipitação e seu aproveitamento para fins não potáveis na Amazônia Ocidental, Acre**. Pesquisas Agrárias e Ambientais. [S.l.: s.n.], v.02, n.04, p. 208-213, out/dez. 2014.

DOMINGUES, Edson Paulo; MAGALHÃES, Aline Souza, RUIZ, Ricardo Machado. **Cenários de mudanças climáticas e agricultura no Brasil: impactos econômicos na região Nordeste**. Documento técnico científico. Belo Horizonte-MG: [s.n.], 2011.

DOURADO, Camila da Silva. **Áreas de risco de desertificação: Cenários atuais e futuros frente às mudanças climáticas**. 2017. Tese (Doutorado) Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas. Campinas-SP. 2017

DUARTE, Aluizio Capdeville. **Irecê: uma área agrícola insulada no sertão baiano**. Revista Brasileira de Geografia, [S.l.: s.n.], Out-Dez, 1963, p.453-473.

ELMORE, A. J. et al. **Quantifying vegetation change in semiarid environments: precision and accuracy of Spectral Mixture Analysis and the Normalized Difference Vegetation Index**. Remote Sensing of Environment, v. 73, n.1, p.87-102, Jan. 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Convivência com a seca**. [S.l.: s.n.], 2018. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/tema-convivencia-com-a-seca/sobre-o-tema>> Acesso em: 12 de julho de 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **LANDSAT: Land Remote Sensing Satellite**. 2013. Disponível em: <https://www.cnpm.embrapa.br/projetos/sat/conteudo/missao_landsat.html>. Acesso em: 05 de julho de 2018.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos Rio de Janeiro, RJ**. Súmula da 10. Rio de Janeiro, 1979. 83p

FEIJÃO - Lavoura vamos plantar. [s.l.]: **Revista Rural**, 2018. Disponível em: <<http://www.revistarural.com.br/edicoes/item/5780-feijao-lavoura-vamos-plantar>>. Acesso em: 31 de maio de 2018.

FERREIRA, Luiz Gustavo Batista. et al. **O fenômeno el niño de 2015/2016 e seus impactos nas chuvas do Paraná**. Instituto Agrônomo do Paraná. Londrina-PR: [s.n], 2016.

FIGUEIREDO, Divino. **Conceitos básicos de sensoriamento remoto**. Apostila, setembro de 2005. Disponível em: <http://lsa.ufpa.br/imiriba/NUMA_SR/conceitos_sm.pdf> Acesso em: 04 de julho de 2018.

FLORENZANO, Teresa Gallotti. **Imagens de satélite para estudos ambientais**. 2. ed. São Paulo: Oficina dos Textos, 2002.

FONTANA, Denise Cybis; BERLATO, Moacir Antonio; BERGAMASCHI, Homero. **Relação entre o índice de vegetação global e condições hídricas no Rio Grande do Sul**. [S.l.: s.n.], 1998.

FRANCISCO, Wagner de Cerqueira. **Desertificação**. Brasil Escola. Disponível em <<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/desertificacao.htm>>. Acesso em 22 de junho de 2018.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Cidades**. 2015. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/>> Acesso em: 10 de junho de 2018.

LIMA, Denis Barbosa de; FREITAS FILHA, Manuel Rodrigues de. **Análise do índice de vegetação como subsídio ao estudo de degradação ambiental: o caso da Serra da Meruoca-Ceará**. Geográfica. Londrina-PR: [s.n.], v.24, n.1, p. 91-105, jan/jun, 2015.

LIMA, Kaique Muniz Alvares de; ROCHA, Layane Carmem Arruda de; ALENCAR, Maria Leide Silva de. **Classificação do índice de aridez do Cariri Ocidental-Pb**. III Workshop Internacional Sobre Água No Semiárido Brasileiro. Campina Grande-PB: Editora Realize, 2017.

LIMEIRA, Rodrigo César. **Variabilidade e tendência das chuvas no estado da Paraíba**. 2008. 122f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2008.

LOLLATO, Marco Antônio; SEPULCRI, Odílio; DEMARCHI, Margorete. **Cadeia produtiva do feijão: diagnóstico e demandas atuais**. Londrina, PR: IAPAR, Documento 25, 2001.

LOPES, Iug; LEAL, Bráulino Gonçalves. **Índice de aridez e tendência a desertificação para estações meteorológicas nos estados da Bahia e Pernambuco**. Revista Brasileira de Climatologia. [S.l.: s. n.], v.17, jul/dez, 2015.

MAGATÃO, Danieli. et al. **Influência dos fenômenos climáticos na agricultura**. Universidade Tuiuti do Paraná. Curitiba-PR: [s.n.], 2008.

MARENGO, José Antônio; CUNHA, Ana P.; ALVES, Lincoln M.; **A seca de 2012-15 no semiárido do Nordeste do Brasil no contexto histórico**. [S.l.: s.n.], 2016.

MARENGO, José Antônio. **O futuro clima do Brasil**. Revista USP. São Paulo, n.103, p.25-32, 2014.

MEDEIROS, Anderson. **O geoprocessamento e suas tecnologias: Parte 1**. 2018. Disponível em: < <http://www.andersonmedeiros.com/geotecnologias-parte1/>> Acesso em: 5 de julho de 2018.

MENDES. B. V. **Uso e conservação da biodiversidade no Semi-árido: GTI Recursos naturais e meio ambiente - Projeto Áridas**. Fortaleza: [s.n.], 1994.

MENESES, Paulo Roberto; ALMEIDA, Tati de. **Introdução ao processamento de imagens de sensoriamento remoto**. Embrapa Cerrados-Livros técnicos (INFOTECA-E). 2012.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Floresta, Desmatamento e Mudança do Clima**. [S.l.: s.n.], 2016. Disponível em: <<http://redd.mma.gov.br/pt/o-que-e-redd>>. Acesso em: 28 de junho de 2018.

NOGUEIRA, Virgínia de Fátima Bezerra. **Expansão da soja no cerrado maranhense: uma análise da influência antrópica no clima regional**. 2015. 165f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Meteorologia, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande-PB, 2015.

NOVO, Evelyn M. L. de Moraes. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 3. ed., rev. e ampl. São Paulo: Edgard Blucher, 2008. 1-10;256-289p.

OLIVEIRA, Leidjane Maria Maciel de. et al. **Análise quantitativa de parâmetros biofísicos da bacia hidrográfica obtidos por sensoriamento remoto**. Pesq. Agropec. Bras. Brasília-DF: [s.n.], v.47, n.9, p.1209-1217, set. 2012.

OYAMA, M. D. et. al. **Climatic Consequences of a Large-Scale Desertification in Northeast Brazil: A GCM Simulation Study**. Journal of Climate, v. 17, p. 3203–3213, 2004.

PENA, Rodolfo F. Alves. **A influência da vegetação sobre o clima**. Geografia física. [s.l.]: Mundo Escola, 2018b. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/a-influencia-vegetacao-sobre-clima.htm>>. Acesso em: 29 de junho de 2018.

PENA, Rodolfo F. Alves. **Clima e Agricultura**. [s. l.]: Escola Kids Uol, 2016. Disponível em <<https://escolakids.uol.com.br/clima-e-agricultura.htm>>. Acesso em: 04 de junho de 2018.

PENA, Rodolfo F. Alves. **El niño e la niña**. Geografia física. [s.l.]: Mundo Escola, 2018a. Disponível em: <<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/geografia/el-nino-la-nina.htm>>. Acesso m: 29 de junho de 2018.

PENEREIRO, Júlio César; FERREIRA, Denise Helena Lombardo. **A modelagem matemática aplicada às questões ambientais: uma abordagem didática no estudo da precipitação pluviométrica e da vazão de rios**. [S.l.: s.n], p. 27-47, jan/jun, 2012.

PINTO, Hilton Silveira. et al. **Variabilidade Climática**. Água, Agricultura e Meio Ambiente no Estado de São Paulo: Avanços e Desafios. [S.l.: s.n.], [20--].

PONZONI, F. J; SHIMABUKURO, Y. E. **Sensoriamento remoto no estudo da vegetação**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2012.

PRATES, Izabela. **Utilização de imagens LANDSAT – 8 para caracterização da cobertura vegetal**. 2014. Disponível em: <<http://mundogeo.com/blog/2014/06/10/processamento-digital-de-imagens-landsat-8-para-obtencao-dos-indices-de-vegetacao-ndvi-e-savi-visando-a-caracterizacao-da-cobertura-vegetal-no-municipio-de-nova-lima-mg/>>. Acesso em: 10 de junho de 2018.

PAE-PARAÍBA. **Programa de ação estadual de combate à desertificação e mitigação dos efeitos da seca no estado da Paraíba: PAE-PB/IIICA**; SCIENTEC – João Pessoa: Secretaria de Estado dos Recursos Hídricos, do Meio Ambiente e da Ciência e Tecnologia. Superintendência de Administração do Meio Ambiente, 2011.

RAMOS, Mateus Ferreira. **Estudo da variação temporal do índice de vegetação por diferença normalizada em Juiz de Fora a partir de imagens de satélite**. 2016. 41f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora-MG, 2016.

ROSSATO, Maria Suertegaray. **Os climas do Rio Grande do Sul: Variabilidade, Tendências e Tipologia**. 2011. 253f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências, Porto Alegre - RS, 2011.

SÁ, Iêdo Bezerra; ANGELOTTI, Francislene. **A degradação ambiental e a situação atual dos recursos naturais no semiárido**. Mudança Climáticas e desertificação no semiárido brasileiro, [S.l.: s.n.], [20--].

SÁ, Iêdo Bezerra; FOTIUS, Georges André; RICHE, Gilles Robert. **Degradação ambiental e reabilitação natural no trópico semi-árido brasileiro**. In: Conferência Nacional e seminário Latino-americano da desertificação, Fortaleza-CE: [s.n], p. 260-275, 1994.

SANTOS, Eduardo H. M. dos; GRIEBELER, Nori P.; OLIVEIRA, Luiz F. C. de. **Variabilidade espacial e temporal da precipitação pluvial na bacia hidrográfica do Ribeirão João Leite – GO**. Eng. Agríc, Jaboticabal-SP: v.31, n.1, Jan./Feb, 2011.

SANTOS, Francílio de Amorim; AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de. **Análise da precipitação pluviométrica no município de Castelo do Piauí, Nordeste do Brasil**. Geosp – Espaço e Tempo (Online), v. 21, n. 2, p. 619-633, agosto. 2017.

SANTOS, Leovigildo Aparecido Costa. **Análise multitemporal do uso e cobertura da terra em municípios da região sul do estado do Tocantins utilizando imagens landsat-8**. 2016. 40f. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Tocantins, Gurupi-TO, 2016.

SECA NO NORDESTE. **Geografia do Brasil**. [s.l.]: Toda matéria, 2017. Disponível em: <<https://www.todamateria.com.br/seca-no-nordeste/>>. Acesso em: 25 de junho de 2018.

SILVA, Djane Fonseca. et al. **Influência da variabilidade climática global e de suas escalas temporais sobre a precipitação no Alto Mundaú (PE)**. Revista Brasileira de Geografia Física, Recife-PE, v. 2, n. 3, p. 64-82, set-dez, 2009.

SILVA, Osmira Fátima da; WANDER, Alcido Elenor. **O feijão comum no Brasil passado, presente e futuro**. Santo Antônio de Goiás-GO: Embrapa Arroz e Feijão, 2013. (Embrapa Arroz e Feijão. Documentos, 287).

SILVA, Vicente de P. R. et al. **Modelo de previsão de rendimento de culturas de sequeiro, no semiárido no nordeste do Brasil**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande-PB: [s.n], v.6, n.1, p.83-87, 2002.

SILVEIRA, Pedro Marques de. **Árvore do conhecimento: Feijão**. Agência Embrapa de Informação Tecnológica. Santo Antônio, de Goiás, GO: Embrapa Arroz e Feijão, [201--].

SOBRINHO, Janaina Novaes. **Desenvolvimento local na microrregião de Irecê – Bahia, município de Jussara: do feijão a ovinocaprinocultura**. 2007. 114f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2007.

SOUSA, Ridelson Farias de; FERNANDES, Maria de Fátima; BARBOSA, Marx Prestes; **Vulnerabilidades, semi-aridez e desertificação: cenários de riscos no cariri paraibano**. Revista Okara, João Pessoa-PB: [s.n.], v.2, n.2, p. 128-206, 2008.

VIEIRA, Leandro Pessoa. **Análise ambiental da ricinocultura na microrregião geográfica de Irecê – Bahia**. [S.l.: s.n.], [ca. 2011].

WANDERLEY, Henderson S. et al. **Variabilidade da precipitação no sertão do São Francisco, estado de Alagoas**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande-PB: [s.n], v.17, n.7, p.790-795, 2013.

YOKOYAMA, Lídia Pacheco. **Aspectos conjunturais da produção de feijão**. In: AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L. F. (Ed.). Produção de feijoeiro comum em várzeas tropicais. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2002. p. 249-292.